



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Inventarisatie van meldingen, **meetmethoden en effecten van laagfrequent geluid (LFG)** in Nederland

Inventarisatie van meldingen, meetmethoden en effecten van laagfrequent geluid (LFG) in Nederland

RIVM-rapport 2025-0074

Colofon

© RIVM 2025

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2025-0074

R. van Poll (auteur), RIVM
S. Simon (auteur), RIVM
N. Mabjaia (auteur), RIVM
K. Erdelyi (auteur), RIVM
C. de Bruijn (auteur), RIVM

Contact:
info@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het kader van 'Onderzoek LFG: aard, ernst, voorkomen'

Uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Inventarisatie van meldingen, meetmethoden en effecten van laagfrequent geluid (LFG) in Nederland

Laagfrequent geluid (LFG), zoals lage tonen of bromtonen, kan hinder veroorzaken. Dat betekent dat mensen zich bijvoorbeeld eraan ergeren of slecht erdoor slapen. Mensen kunnen klachten over LFG melden bij verschillende instanties, zoals GGD'en, provincies en de Stichting Laagfrequent Geluid. Het RIVM onderzocht het aantal meldingen en over welke vorm van hinder ze gaan. Het deed dat in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW).

Sinds de eerste meldingen is het aantal registraties gestegen. In 2020 waren er de meeste, ongeveer 179 bij de GGD en 1.139 bij de Stichting Laagfrequent Geluid. Daarna daalde het aantal, maar waren er nog steeds meer meldingen dan bij de eerste registraties. De meest genoemde klacht bij meldingen bij GGD'en is hinder: 77 procent van de meldingen van LFG bij deze organisatie gaat daarover. Andere klachten zijn psychische klachten, bezorgdheid en slaapverstoring.

Na een melding besluit een Omgevingsdienst om wel of niet geluid te meten. Als er wordt gemeten wordt bij minder dan 25 procent van de meldingen daadwerkelijk LFG gemeten. Daarvan was bij 25 procent een bron te vinden.

Er is geen standaard meetmethode. De meeste Omgevingsdiensten gebruiken de richtlijnen van de Nederlandse Stichting Geluidhinder of de zogeheten Vercammen-curve, of allebei. Deze geven een indicatie of de gemelde LFG hoorbaar, aanvaardbaar of hinderlijk is. Er is ook nog geen werkwijze om de metingen te analyseren en erover te communiceren.

Het RIVM adviseert dat de Omgevingsdiensten één meetmethode ontwikkelen waarin al deze 'ingrediënten' zitten. Het is belangrijk dat alle Omgevingsdiensten daarbij betrokken zijn, zodat ze allemaal dezelfde aanpak steunen en gebruiken. Het is wenselijk om ook de GGD'en en andere organisaties die zich met geluid bezighouden erbij te betrekken.

Verder heeft het RIVM een review van de wetenschappelijke literatuur gedaan over LFG en gezondheidseffecten. Uit het kleine aantal gevonden studies is niet duidelijk of LFG een negatief of geen effect heeft op de gezondheid. De onderzoeksresultaten geven daarover geen uitsluitsel.

Kernwoorden: laag frequent geluid, LFG, meldingen, meetmethoden, effecten, geluid, tonen, hinder, slaapverstoring, gezondheidseffecten

Synopsis

Overview of reports, measurement methods and effects of low-frequency sound (LFS) in the Netherlands

Low-frequency sound (LFS), such as a low humming or buzzing, can cause a nuisance, for example when people are annoyed by it or it disrupts their sleep. People can report complaints about LFS to various bodies, such as Municipal Public Health Services, municipalities and Stichting Laagfrequent Geluid (Foundation for Low-Frequency Sound Complaints). RIVM has studied the number of reports and the type of nuisance they relate to at the request of the Ministry of Infrastructure and Water Management.

The number of reports has risen since they were first registered. The highest number of reports was made in 2020, including 179 to the Municipal Public Health Services and 1,139 to Stichting Laagfrequent Geluid. Although the number has dropped since, it continues to be higher than when reports were first registered. The most frequently reported complaint to the Municipal Public Health Services is annoyance, which concerns 77 per cent of reports about LFS to these organisations. Other complaints include physical symptoms, worrying and sleep disturbance.

When a report is received, the local environmental service takes sound measurements. LFS is actually detected for fewer than 25 per cent of the reports. A source is detected in 25 per cent of these cases. There is no standard measurement method. Most environmental services use either the guidelines of Nederlandse Stichting Geluidshinder (Dutch Noise Pollution Foundation), a tool known as the Vercammen curve, or both. These give an indication whether the reported LFS is audible, is acceptable or causes annoyance. There is as yet no working method for analysing the measurements and communicating about them.

RIVM advises the environmental services to develop a single, uniform measurement method that takes into account all the criteria mentioned above. It is important that all environmental services are involved in this development process, so that they all support and adopt the same approach. It would be preferable to involve the Municipal Public Health Services and other organisations that deal with sound and noise as well.

Furthermore, RIVM has conducted a review of the scientific literature about LFS and its health effects. The low number of studies in the field have yielded no clear conclusion as to whether LFS has a positive, negative or no effect on health, as the results are inconclusive.

Keywords: low-frequency sound, LFS, reports, measurement methods, effects, sound, humming, nuisance, sleep disturbance, health effects

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 13

2 Werkwijze — 15

- 2.1 Aard en omvang van klachtmeldingen over en hinder van LFG — 15
 - 2.1.1 Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW) — 15
 - 2.1.2 Inventarisatie van meldingen bij stichtingen en overheidsinstellingen — 15
- 2.2 Inventarisatie van meetprotocollen van de verschillende omgevingsdiensten — 18
- 2.3 Literatuuroverzicht — 18

3 Resultaten — 19

- 3.1 Aard en omvang van LFG-meldingen uit verschillende bronnen — 19
 - 3.1.1 Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW) — 19
 - 3.1.2 Meldingen bij stichtingen en overheidsinstellingen — 20
- 3.2 Inventarisatie van meetprotocollen bij omgevingsdiensten in Nederland — 25
 - 3.2.1 Inventarisatie meldingen, metingen en bronnen — 25
 - 3.2.2 Inventarisatie meetprotocollen — 26
 - 3.2.3 Beoordeling meetmethodes — 30
- 3.3 Literatuuroverzicht — 31

4 Discussie en Conclusie — 35

- 4.1 Aard en omvang van meldingen rondom LFG — 35
- 4.2 Inventarisatie van meetprotocollen bij omgevingsdiensten in Nederland — 36
- 4.3 Literatuuroverzicht — 37

Literatuur — 39

Bijlage 1 Aard en Omvang meldingen — 41

Bijlage 2 Vragenlijst voor provincies en omgevingsdiensten — 46

Bijlage 3 Zoekstrategie literatuuroverzicht — 51

Samenvatting

In Nederland¹ is laagfrequent geluid (LFG; lage tonen, bromtonen) geluid met een frequentiebereik tussen de 20 Hz en de 125 Hz (Hz = Herz is een maat voor het aantal trillingen per seconde). Om meer grip te krijgen op de problematiek van laagfrequent geluid (LFG) heeft het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) behoefte aan inzicht in de omvang en aard van meldingen en omvang van hinder door LFG. In navolging van enkele aanbevelingen uit de RIVM-rapportage 'Onderzoeksprogramma Laagfrequent geluid (LFG): Stand van zaken en aanbevelingen voor vervolgonderzoek' (White e.a., 2021) wordt in het onderhavige onderzoek een eerste uitwerking hieraan gegeven danwel een actualisatie doorgevoerd. Daarnaast is er behoefte aan inzicht in methoden voor het meten van LFG bij Omgevingsdiensten (OD). Tot slot verzoekt het ministerie om een overzicht van de recente literatuur op het gebied van LFG en gezondheidseffecten te geven.

Dit onderzoek bevat drie onderdelen:

1. Aard en aantal meldingen van LFG.
2. Metingen van LFG door OD's.
3. Literatuuroverzicht LFG en effecten.

Aard en aantal meldingen van LFG

In Nederland ontvangen verschillende instanties meldingen van hinder van een bromtoon. In dit onderzoek hebben we meldingen van de volgende instanties geïnventariseerd: GGD'en, provincies, omgevingsdiensten, de Stichting Laagfrequent Geluid (St LFG) en de Nederlandse Stichting Geluidshinder (NSG).

Het aantal meldingen fluctueert in de tijd voor de meeste onderzochte meldpunten. Na enkele jaren van toename van het aantal meldingen is er nu sprake van een afname van het aantal meldingen. In het algemeen geldt echter voor elk meldpunt dat het aantal meldingen vanaf het begin van de registraties (eerste vanaf 2009) is toegenomen. Na 2020 vindt er een lichte afname plaats.

Daarnaast blijkt uit periodiek landelijk vragenlijstonderzoek (Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW)) dat het percentage ernstige hinder van LFG tussen 2016 en 2023 toeneemt van 2,2 naar 3,2 procent. Ter vergelijking: in 2023 was de ernstige hinder van wegverkeer, de grootste bron in Nederland, 12,8 procent. Voor ernstige slaapverstoring neemt dit toe van 1,9 naar 2,5 procent (wegverkeer: 6,0%). Een procentpunt in de OBW komt overeen met ongeveer 143.000 inwoners. Uit gegevens van de GGD'en blijkt dat 76,6 procent (van 1.399 LFG-meldingen van 2009–2024) van de melders hinder als het belangrijkste gezondheidseffect ervaart door LFG-blootstelling of een bromtoon. Van de LFG-meldingen die onder het binnenmilieu vallen, wordt bij 7 procent een mogelijke bron vermeld. De belangrijkste vermelde bronnen zijn daarbij burenbewonersgedrag (49%), ventilatiesystemen (18%) en elektrische apparaten (12%). Van de geregistreerde meldingen die onder het buitenmilieu vallen, wordt bij 10 procent van de meldingen een bron vermeld. De belangrijkste vermelde bronnen zijn daarbij:

¹ In andere landen worden andere frequentiebereiken gebruikt.

bedrijf/industrialgebied (31%), transformatorhuisjes (8%) en windturbines (7%).

Bij de Stichting Laagfrequent Geluid kunnen ook mogelijke bronnen worden gemeld. In ongeveer een kwart van de meldingen wordt een bron genoemd. De belangrijkste categorieën van bronnen die worden genoemd, zijn industrie en zware machines (4%), pompen (4%), airconditioning en mechanische ventilatie (3).

Meetmethoden van Omgevingsdiensten voor LFG

Het doel van de inventarisatie van meetmethoden is om in kaart te brengen wat de praktijk is van LFG-metingen door Omgevingsdiensten en in hoeverre er daadwerkelijk LFG wordt vastgesteld door (OD's) bij meldingen.

Het merendeel (81%) van de Omgevingsdiensten (OD's) detecteert in minder dan 25 procent van de gevallen LFG, wat betekent dat er meestal geen LFG wordt vastgesteld bij een meting. Voor de gevallen waarin er wel LFG is vastgesteld, geldt dat het merendeel van de OD's (81%) in minder dan 25 procent van de gevallen een bron vindt.

Een meerderheid van de omgevingsdiensten (16/28, 57%) stuurde een ingevulde survey en relevante documenten op over de aanpak van LFG-meldingen. Eén OD stuurde een gedetailleerd meetprotocol, tien OD's stuurden een leidraad en vijf OD's stuurden niets over een aanpak of methode. Deze informatie toont zowel overeenkomsten als grote verschillen tussen methoden, gehanteerd door OD's. Naast het feitelijke meten, blijken ook communicatie, voorwerk en analyse belangrijk in de afhandeling van een melding door de OD.

Veel OD's gebruiken curves van NSG en Vercammen voor het beoordelen van gemeten geluid. Deze geven een indicatie van hoorbaarheid, aanvaardbaarheid en hinderlijkheid van LFG. Het geluid wordt idealiter in tertsbanden gemeten, en soms wordt gebruikgemaakt van gedetailleerdere spectra. Het vooraf versturen van een vragenlijst aan de gehinderde helpt bij de keuze om metingen uit te voeren. Door de frequentie van de hinderlijke toon vooraf te bepalen, kan waarschijnlijk gericht worden gemeten. Metingen tijdens aan-/uit-tests zijn een toegankelijke stap in het opsporen van de geluidsbron. Als de hinder niet verholpen kan worden, wordt vaak doorverwezen naar een GGD.

Er is behoefte aan een duidelijke methode. De resultaten uit dit onderzoek geven een beeld van gebruikte praktijken bij het aanpakken van LFG-klachten door OD's. Een uniforme, breed gedragen aanpak vraagt een meer uitgebreid proces, zie Kennisnotitie Meldingen van Laagfrequent Geluid: samenwerking in de regio (KN-2024-0077).

Literatuuroverzicht

Het doel van het literatuuroverzicht (een zogenaamde scoping review) was om de recente literatuur over gezondheidseffecten van LFG en infrasoongeluid in kaart te brengen. Het overzicht sluit aan op een eerdere review over effecten van LFG van Baliatsas et al. (2016). Grondgebonden geluid van luchthavens kreeg bijzondere aandacht in dit review.

Een zoekopdracht werd uitgevoerd in vier bibliografische databases (PubMed, Embase, PsycINFO, en Scopus) naar gepeerreviewde wetenschappelijke literatuur over de periode 2015-2023. Selectie van

artikelen werd uitgevoerd op basis van vooraf opgestelde in- en exclusiecriteria. Extractie van data uit deze artikelen gebeurde met gebruik van een vooraf ontwikkeld en getest formulier. Van 3.678 artikelen op basis van de trefwoorden die gevonden waren, bleven er zes over na verwijderen van dubbele artikelen, een screeningprocedure op basis van titel en samenvatting en het lezen van de volledige tekst door twee onderzoekers. Alle zes waren onderdeel van één overkoepelend onderzoeksproject naar de effecten van geluid van windturbines. Geen van deze zes ging over luchthavens. Het voornaamste verschil tussen deze zes studies, alle zes retrospectief, was de onderzochte gezondheidsuitkomst. Hinder en slaapverstoring als effect werden niet onderzocht. Er werden geen significantie relaties tussen LFG en gezondheidsuitkomsten gevonden, op 1 van de 35 onderzochte relaties na. Dit ene resultaat kan daarom goed aan toeval zijn te wijten. Uiteindelijk betekent dit dat er onvoldoende bewijs is om te concluderen of LFG negatief of geen effect heeft op de onderzochte gezondheidsuitkomsten. Ook is er onvoldoende epidemiologische literatuur om een systematische review of meta-analyse uit te voeren voor een vraag over het effect van LFG op een specifieke gezondheidsuitkomst.

Aanbevelingen

Voor het volgen van de ontwikkelingen van aard en aantal van de meldingen in de tijd en de omvang van de mate van hinder en slaapverstoring van LFG lijken bestaande mogelijkheden voldoende maar een meer eenduidige vorm van registreren van meldingen zou de monitoring verbeteren. Voor meldingen van LFG zijn dit registraties van bijvoorbeeld GGD'en, Stichting LFG of NSG, voor hinder en slaapverstoring de jaarlijkse rapportages over het Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW).

OD's lijken baat te hebben bij een duidelijke methodiek. De beschikbare gegevens en de door OD's gebruikte methodieken zijn niet toereikend om een best practice-meetprotocol op te stellen. Er liggen wél bouwstenen voor.

Naast het volgen in de tijd van meldingen bij meldpunten en het reviewen van onderzoeksresultaten naar effecten van LFG, verdient het daadwerkelijk meten van laagfrequent geluid rond bronnen van LFG meer aandacht in toekomstig onderzoek naar LFG.

1 Inleiding

De laatste jaren is er meer maatschappelijke onrust over laagfrequent geluid (LFG) en/of bromtonen in de fysieke leefomgeving. Hierbij spelen de mogelijke effecten van LFG en/of bromtonen op het welzijn en de gezondheid een belangrijke rol (Van Kamp, 2018).

In Nederland is laagfrequent geluid (lage tonen, bromtonen) geluid met een frequentiebereik tussen de 20 Hz en de 125 Hz (Hz: aantal trillingen per seconde). Geluid met een frequentie lager dan 20 Hz wordt 'infrasoon geluid' of 'infrageluid' genoemd. Een menselijk gehoor is het meest gevoelig voor frequenties tussen 500 Hz en 8.000 Hz. Hogere en lagere geluiden horen mensen niet of zachter dan ze in werkelijkheid zijn. Dit betekent voor LFG dat mensen het pas bij relatief hoge geluidsniveaus kunnen horen.

In het vervolg van dit rapport gebruiken we bij verwijzingen naar laagfrequent geluid en/of bromtonen de afkorting LFG.

Opdracht

Om meer grip te krijgen op de problematiek van LFG heeft het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) behoefte aan inzicht in de omvang en aard van meldingen en hinder door LFG in het algemeen.

In de RIVM-rapportage 'Onderzoeksprogramma Laagfrequent geluid (LFG): Stand van zaken en aanbevelingen voor vervolgonderzoek' (zie White, 2021) staat een overzicht van de stand van zaken van de kennis over laagfrequent geluid over onder andere het aantal meldingen, de bronnen, literatuur en aanpak bij meldingen². Verder doet het RIVM aanbevelingen voor nader onderzoek naar aard, aantal en omvang van meldingen van laagfrequent geluid. Ook wordt aanbevolen de wijze van meten en het onderkennen van (bronnen van) LFG en inzichten in gezondheidseffecten van LFG te onderzoeken.

Deze rapportage geeft een eerste uitwerking van deze aanbevelingen. Voor enkele onderwerpen betreft dit een actualisatie (aard, aantal LFG-klachten, literatuur). Voor andere onderwerpen is dit nieuw onderzoek (bijvoorbeeld meting van LFG).

In samenhang hiermee wil het ministerie van IenW ook specifiek aandacht besteden aan laagfrequent grond(gebonden) geluid van luchtvaart (geluid van apparaten op het vliegveld of stationnairdraaiende vliegtuigen). Een deel van de zienswijzen op de Luchtvaartnota 2020-2050 (IenW, 2020) ging over het ontbreken van grondgeluid hierin. De overheid wil inventariseren of er mogelijkheden zijn om rekening te houden met grondgeluid in toekomstig beleid. Hiervoor is inzicht nodig in de aard en omvang van grond(gebonden) LFG van luchtvaart.

Daarnaast is behoefte aan inzicht in methoden voor het meten van LFG bij Omgevingsdiensten (ODs) en of er daadwerkelijk LFG wordt vastgesteld bij metingen door (ODs). Tot slot vraagt het ministerie een overzicht van de recente literatuur over gezondheidseffecten van LFG.

² Over de aanpak bij meldingen van LFG is een Kennisnotitie beschikbaar: Meldingen van Laagfrequent Geluid: samenwerking in de regio. RIVM- Kennisnotitie KN-2024-0077.

Aanpak

Om een goed beeld te krijgen van de omvang van LFG-problematiek is een inventarisatie gedaan van het aantal LFG-meldingen. In Nederland komen deze meldingen onder meer binnen bij de GGD'en, gemeenten, provincies, omgevingsdiensten, huisartsen, audiologen, de Stichting LaagFrequent Geluid (St. LFG) en de Nederlandse Stichting Geluidshinder (NSG).

Naast de inventarisatie van het aantal meldingen is het van belang te weten of en hoe LFG wordt gemeten. Dit is van belang omdat eventuele LFG-bronnen moeilijk zijn te traceren. Ook is de aanpak van vermeende LFG-bronnen lastig. LFG is over grote afstanden hoorbaar, wat de identificatie van een mogelijke bron bemoeilijkt. Het is belangrijk om een beeld te krijgen over welke overheden of instanties LFG-metingen verrichten en of er uit de metingen blijkt dat er sprake is van LFG. Verder is het belangrijk om zulke protocollen te ontvangen om een uniforme aanpak te kunnen ontwikkelen voor het meten van LFG in Nederland.

Uit onderzoek (Baliatsas, 2015, Van Kamp, 2018) blijkt dat blootstelling aan LFG kan leiden tot hinder en mogelijk ook tot slaapverstoring. Hoewel er geen direct bewijs is voor andere gezondheidseffecten, kan LFG-hinder wel leiden tot concentratieproblemen en vermoeidheid. Bovendien is het voorstelbaar dat aan LFG toegeschreven overlast voor sociale problemen kan zorgen, doordat niet iedereen in de omgeving LFG hoort. Dit kan leiden tot een gevoel van onbegrip, onzekerheid en stress bij de mensen die LFG wel waarnemen. Met behulp van een literatuurstudie geven we zicht op de stand van zaken over de gezondheidseffecten van LFG.

Dit leidt tot de volgende drie vraagstellingen van dit onderzoek:

1. Wat zijn de aard, het aantal en de omvang van meldingen en de omvang van hinder van laagfrequent geluid in het algemeen en in het bijzonder van grond(gebonden) LFG van vliegtuigen op luchthavens?
2. Welke meetmethoden voor LFG worden gehanteerd (bijvoorbeeld bij OD's) en welke mogelijkheden zijn er om bestaande meetgegevens te gebruiken voor vervolgonderzoek?
3. Wat zijn de huidige wetenschappelijke inzichten (literatuurscan, afgelopen tien jaar) over gezondheidseffecten van LFG, in het algemeen en in het bijzonder voor grond(gebonden) LFG op luchthavens?

2 Werkwijze

In drie achtereenvolgende paragrafen lichten we de opzet van de onderzoeken voor de drie vraagstellingen toe. Achtereenvolgens zijn dat: aard en omvang, meetmethoden en tot slot het literatuuroverzicht.

2.1 Aard en omvang van klachtmeldingen over en hinder van LFG

Bij het inventariseren van de stand van zaken in Nederland is gekeken naar de omvang van de problematiek rondom LFG in termen van ernst en aantal en aard, door het aantal meldingen in verschillende bronnen op een rij te zetten.

2.1.1 *Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW)*

We gebruiken de resultaten van het OBW om de prevalentie van ernstige hinder en/of slaapverstoring door LFG in Nederland door de jaren heen in kaart te brengen. Met behulp van het OBW schatten we de mate van hinder en slaapverstoring door geluid, trillingen, geur en licht aan de hand van een representatieve steekproef uit de bevolking van Nederland van 16 jaar en ouder (Van Poll en Simon, 2023). Het OBW vraagt vanaf 2016 naar hinder en slaapverstoring door LFG. Hinder en slaapverstoring worden gemeten met een standaard vraag op een 11-puntsschaal (gebaseerd op de ISO-TS 15666, 2003, 2021). In het OBW zijn er geen geluidmetingen verricht en het is zodoende ook niet bekend of er bij de deelnemers met hinder en/of slaapverstoring ook daadwerkelijk een LFG-bron in de woonomgeving aanwezig is. Bovendien is het ook niet bekend of er misschien een medische oorzaak was, waardoor de deelnemers hinder en/of slaapverstoring ondervonden door LFG.

Het aandeel gehinderden en/of slaapverstoorden wordt in percentages weergegeven in het OBW (één procentpunt vertegenwoordigt ongeveer 140.000 inwoners). Hierbij onderscheiden we drie categorieën van hinder, namelijk, (minstens) enigszins hinder, (minstens) hinder en ernstige hinder. Hinder wordt gemeten op een 11-puntsschaal (van 0-10). Met een score van ongeveer 3 en meer valt iemand in de categorie '(minstens) enigszins hinder', met een score van ongeveer 5 of meer valt iemand in de categorie '(minstens) hinder' en met een score van ongeveer 8 of meer valt iemand in de categorie 'ernstige hinder' (Van Poll et al. 2018). Voor slaapverstoring geldt dezelfde conventie. NB: Bij de categorie (minstens) enigszins hinder zijn ook gehinderden en ernstig gehinderden meegerekend. Bij de categorie (minstens) hinder zijn ook de ernstig gehinderden meegerekend. Vandaar het gebruik van '(minstens)'. Deze percentages mogen dus niet bij elkaar worden opgeteld.

2.1.2 *Inventarisatie van meldingen bij stichtingen en overheidsinstellingen*

De inventarisatie van LFG meldingen in Nederland worden per onderzochte stichting en overheidsinstantie toegelicht.

a. Meldingen bij Stichting LaagFrequent geluid

De Stichting LaagFrequent geluid registreert anoniem meldingen over LFG. Ze doen dit vanaf 2011 en publiceren jaarlijks een verslag en presenteren deze ook aan de rijksoverheid. Deze jaarverslagen zijn gebruikt om het aantal meldingen per jaar te bepalen. Daarnaast is ook gekeken naar het aantal meldingen per provincie voor de laatste vijf jaar. Ook is er gekeken naar de gezondheidsklachten die de LFG-melder heeft genoemd en welke mogelijke LFG-bronnen zijn gemeld.

b. Meldingen bij de Nederlandse Stichting Geluidshinder (NSG)

De NSG registreert vanaf 2018 meldingen over LFG. Hierbij ging het in het bijzonder om:

1. hoeveel LFG-meldingen zij had binnengekregen vanaf het begin in 2018 tot heden per jaar, verdeeld op nationaal niveau en provinciaal niveau;
2. welke gezondheidseffecten met deze blootstelling werden geassocieerd;
3. welke bronnen werden benoemd als mogelijke veroorzakers voor de blootstelling aan LFG; en;
4. of er metingen waren verricht en zo ja, wat de resultaten hiervan waren en of er een bron was gevonden.

c. Meldingen bij provincies

We hebben een vragenlijst naar alle twaalf provincies in Nederland gestuurd. Deze vragenlijst was bedoeld om de volgende punten in kaart te brengen: aantal meldingen in de laatste vijf jaren, hoe deze meldingen werden afgehandeld en/of doorverwezen (en naar wie) en of er metingen werden verricht et cetera. Voor de vragenlijst verwijzen we naar Bijlage 2: Vragenlijst voor provincies.

d. Meldingen bij GGD'en

GGD'en registreren in het landelijke meldingssysteem OSIRIS³ welke meldingen⁴ over milieu en gezondheid bij hen binnenkomen. Van de 25 regionale GGD'en in Nederland, registreren 21 GGD'en de binnengekomen meldingen over milieu en gezondheid in het landelijke meldingssysteem OSIRIS (Dusseldorp et al. 2023). Meldingen over LFG zijn ook onderdeel van deze registratie. Naast het aantal meldingen bevat dit bestand ook mogelijke bronnen (binnen en buiten) en mogelijke gezondheidsklachten die met LFG werden geassocieerd door de melder. Elke twee jaar zet het RIVM deze data op een rij. Er zijn vier GGD'en die hun eigen registratiesysteem hebben waarin zij de meldingen registreren. Om een compleet beeld te hebben over het aantal bij de GGD'en gedane LFG-meldingen is bij deze vier⁵ GGD'en, naar hun registratie gevraagd. De meldingen zijn samengevoegd. Daarmee is een zo compleet mogelijk overzicht verkregen van LFG-meldingen bij GGD'en.

³ OSIRIS is een generiek informatiesysteem dat door het RIVM en diverse samenwerkende organisaties wordt gebruikt voor het registreren en beheren van gegevensverzamelingen, waaronder meldingen van milieu-gerelateerde gezondheidsmeldingen. <https://osiris.rivm.nl/>

⁴ Een milieugerelateerde gezondheidsklacht (MGK) is gedefinieerd als 'een melding van bezorgdheid over de toestand van het binnen- en/of buitenmilieu, die al dan niet gepaard gaat met hinder en/of gezondheidsklachten'.

⁵ GGD Noord-Limburg, Noord Oost Gelderland Oost (gestopt met registratie in OSIRIS per 2020) en GGD IJsselland/GGD regio Twente (deze twee werken samen en registreren samen vanaf 2017.)

e. Meldingen bij omgevingsdiensten

We hebben ook een vragenlijst gestuurd naar alle 28 omgevingsdiensten in Nederland. Deze vragenlijst was bedoeld om:

1. een beeld te krijgen van de omvang van de problematiek over LFG via het aantal meldingen, bij de omgevingsdiensten;
2. een beeld te krijgen welke meetprotocollen er zijn bij de omgevingsdiensten voor het meten van LFG en de omvang van daadwerkelijk gemeten LFG bij LFG-meldingen.

In Bijlage 2 staat de vragenlijst die naar de omgevingsdiensten werd gestuurd: Vragenlijst voor omgevingsdiensten.

f. Inventarisatie van het aantal meldingen en klachten rondom grond(gebonden) LFG bij vliegvelden in Nederland

Voor de inventarisatie van het aantal meldingen en klachten rondom grond(gebonden) LFG bij vliegvelden is gezocht naar meldingsrapportages van de luchthavens Amsterdam Schiphol, Maastricht-Aachen, Eindhoven, Groningen-Eelde, Lelystad Airport, en Rotterdam The Hague Airport. De selectie van de opgenomen rapporten is gebaseerd op de lijst van klachtenformulieren die de rijksoverheid aanbeveelt voor het indienen van klachten over de geluidsoverlast van vliegtuigen:

<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/luchtvaart/vraag-en-antwoord/waar-kan-ik-terecht-met-klachten-over-geluidsoverlast-van-vliegtuigen>.

Er is gekeken naar de meest recente rapporten, met inbegrip van (indien beschikbare) jaar- en/of kwartaalrapporten van 2024. Als deze niet beschikbaar waren, is er gekeken naar jaar-en/of kwartaalrapporten van 2023. Tabel 1 geeft een overzicht van de luchthavens, meldpunten en rapporten.

Tabel 1 Meldpunten en rapporten die gebruikt zijn voor het inventariseren van het aantal meldingen en klachten rondom grondgebonden LFG bij vliegvelden.

Luchthaven	Meldpunt	Rapporten
Luchthaven Schiphol	Bewoners Aanspreekpunt Schiphol (BAS) BAS - Bewoners Aangespreekpunt Schiphol	Jaar-en kwartaalrapporten 2023 Publicaties 2023 (1 nov 2022 t/m 31 okt 2023) - BAS
Rotterdam The Hague Airport	DCMR Milieudienst Rijnmond Overlast melden DCMR	Jaarrapport 2023 Analyse meldingen rondom rotterdam the hague Airport
Maastricht Aachen Airport	Klachten Informatiecentrum Luchtverkeer (KICL) Klachten Informatie Centrum Luchtverkeer: Klacht indienen	Kwartaalrapporten 2024 Klachten Informatie Centrum Luchtverkeer: Maastricht
Groningen Airport Eelde	Meldingenloket vliegverkeer Groningen Airport Eelde	Jaarrapport 2023 Meldingenloket vliegverkeer GAE Jaarrapportages

Luchthaven	Meldpunt	Rapporten
	Meldingenloket vliegverkeer GAE Home	
Lelystad Airport	Meldpunt Lelystad Airport Meldpunt Lelystad Airport	Kwartaalrapporten 2024, Jaarrapport 2023 Rapportages - Meldpunt Lelystad Airport
Eindhoven Airport	Defensie.nl Klachtenformulier geluidsoverlast vliegtuig of helikopter Klacht of schade melden Defensie.nl	Geen rapportage beschikbaar

2.2 Inventarisatie van meetprotocollen van de verschillende omgevingsdiensten

Om inzicht te krijgen in het meten van LFG is bij omgevingsdiensten geïnventariseerd hoe LFG in Nederland wordt gemeten. Deze inventarisatie had twee doelen:

- hoe pakken OD's het meten van laagfrequent geluid aan;
- wat is een goede methode om LFG te meten?

Om deze vragen te beantwoorden, zijn de omgevingsdiensten gevraagd om eventuele meetprotocollen op te sturen. Ook konden ze een vragenlijst invullen (zie Bijlage 2, Vragenlijst voor omgevingsdiensten).

2.3 Literatuuroverzicht

Het literatuuroverzicht is uitgevoerd in de vorm van een zogeheten 'scoping review'⁶. Op basis van een zoekprofiel en in- en uitsluitcriteria (zie Bijlage 3) is een overzicht gemaakt van beschikbare relevante literatuur. Op basis hiervan is te bepalen of het in principe mogelijk is om een meer specifieke vraag te beantwoorden via een systematische review of meta-analyse. Voor deze review is in 4 databases gezocht naar literatuur over de periode 2015-2023. Hierbij is naar effecten van LFG (inclusief infrageluid) in het algemeen gekeken en naar LFG van grond(gebonden) geluid op luchthavens in het bijzonder. In de review zijn alleen primair gerapporteerde, observationele onderzoeken en reviews naar de relatie tussen LFG en (gezondheids)effecten meegenomen. Van het review is een tijdschriftartikel in voorbereiding⁷.

⁶ Met een 'scoping review' wordt met behulp van wetenschappelijke literatuur, die op systematische wijze is verkregen met een zoekprofiel en in-en uitsluitcriteria, een brede onderzoeksvraag beantwoord. De onderzoeksvraag is doorgaans breder dan in het geval van een 'systematisch review'.

⁷De Bruijn, C. et al. (in voorbereiding). Werktitel: The effects of low-frequency noise and infrasound on health outcomes in the general residential population: a scoping review of observational studies.

3 Resultaten

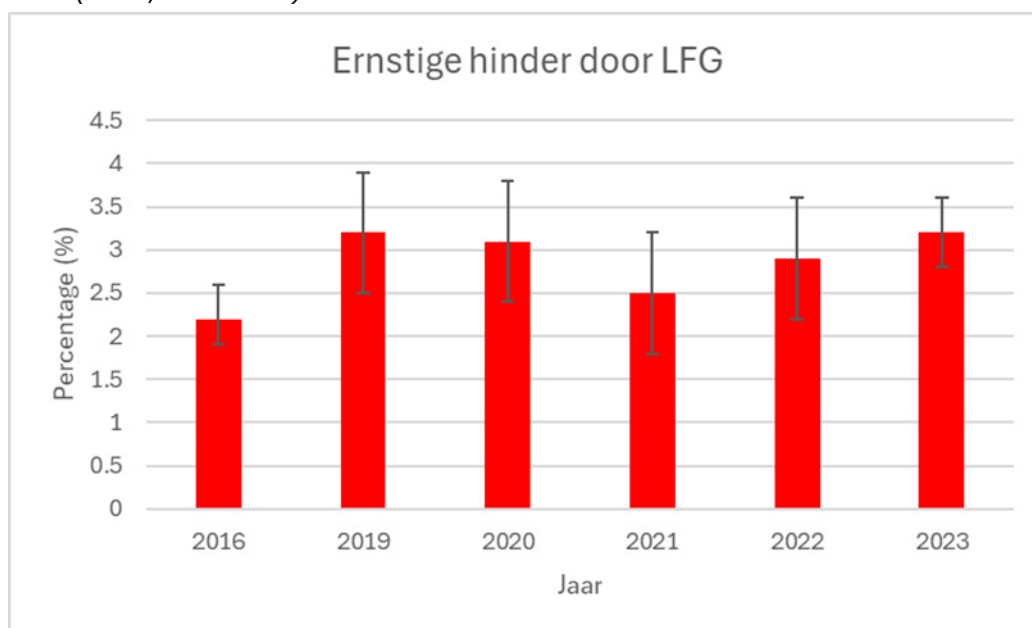
3.1 Aard en omvang van LFG-meldingen uit verschillende bronnen

3.1.1 Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW)

Ernstige hinder door LFG fluctueert in de tijd, maar laat in het algemeen een toename zien tussen 2016 en 2023 (zie Figuur 1). In 2016 was 2,2 procent van de inwoners in Nederlanders ernstig gehinderd door LFG (Van Poll et al. 2018). Tussen 2016 en 2019 is het percentage ernstig gehinderden door LFG gestegen. Hierna is een daling te zien tussen de jaren 2019 en 2021 (Van Poll et al. 2018; Van Poll en Simon 2023). Tussen de jaren 2021 en 2023 is er weer een lichte stijging te zien (Van Poll en Simon 2023; Van Poll en Simon 2024). De schommelingen gedurende deze periode (2019-2023) zijn niet-statistisch significant (zie Tabel B.1, Bijlage 1). Maar als we ernstige hinder in 2016 (2,2%; 95% BI: 1,9-2,6) vergelijken met die in 2023 (3,2%; 95% BI: 2,8-3,6) is er wel een statistisch significante stijging waar te nemen.

Gegevens van de andere categorieën van hinder, te weten: (minstens) enigszins hinder en (minstens) hinder staan in Tabel B.1, Bijlage 1. Tussen 2016 en 2023 is er een statistisch significante stijging te zien in het percentage (minstens) gehinderd en (minstens) enigszins gehinderd door LFG in de Nederlandse bevolking. In 2016 is 8,1 procent (95% BI: 7,4-8,8) van de bevolking (minstens) enigszins gehinderd door LFG, terwijl in 2023 11,8 procent (95% BI: 11,1-12,5) van de Nederlandse bevolking (minstens) enigszins hinder ervaren door LFG.

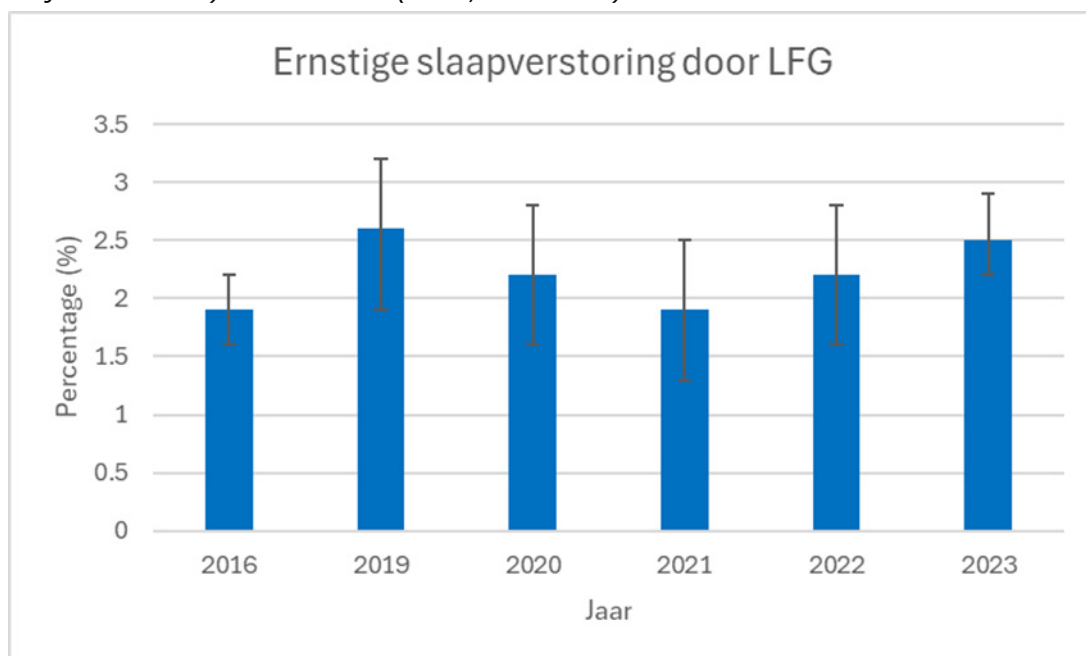
Figuur 1 Percentage ernstige hinder (inclusief 95%-betrouwbaarheidsinterval) door LFG in de Nederlandse bevolking (personen van 16 jaar en ouder) van het OBW (2016;2019-2023).



Naast hinder die ontstaat door LFG, kan LFG ook zorgen voor slaapverstoring onder de blootgestelde mensen. Dit gebeurt

voornamelijk 's nachts, maar voor mensen met nachtdienst of ploegendiensten kan slaapverstoring ook overdag optreden. In Figuur 2 staat het percentage van de inwoners in Nederland dat ernstige slaapverstoring ervaren door LFG in 2016 en in de laatste vijf jaar (Van Poll et al. 2018; Van Poll en Simon 2023; Van Poll en Simon 2024). Ernstige slaapverstoring bedraagt 1,9 procent in 2016 en stijgt naar 2,6 procent in 2019. Daarna is er een daling te zien tot 1,9 procent in 2021. Hierna is het weer gestegen naar 2,5 procent in 2023. Deze schommelingen zijn statistisch niet-significant (zie Tabel B.2, Bijlage 1).

Figuur 2 Percentage ernstige slaapverstoring (inclusief 95%-betrouwbaarheidsinterval) door LFG in de Nederlandse bevolking (personen van 16 jaar en ouder) van het OBW (2016;2019-2023).



Gegevens van de andere categorieën van slaapverstoring zijn te vinden in Tabel B.2 in de Bijlage 1. Net als bij (minstens) enigszins hinder geldt voor (minstens) enigszins slaapverstoring dat er een stijging tussen 2016 en 2023 is waar te nemen. In 2016 is 5,5 procent (95% BI: 4,9-6,0) van de bevolking (minstens) enigszins slaapverstoord door LFG, terwijl het in 2023 8,5 procent (95% BI: 7,9-9,1) is (Van Poll et al. 2018; Van Poll en Simon 2023; Van Poll en Simon 2024).

3.1.2

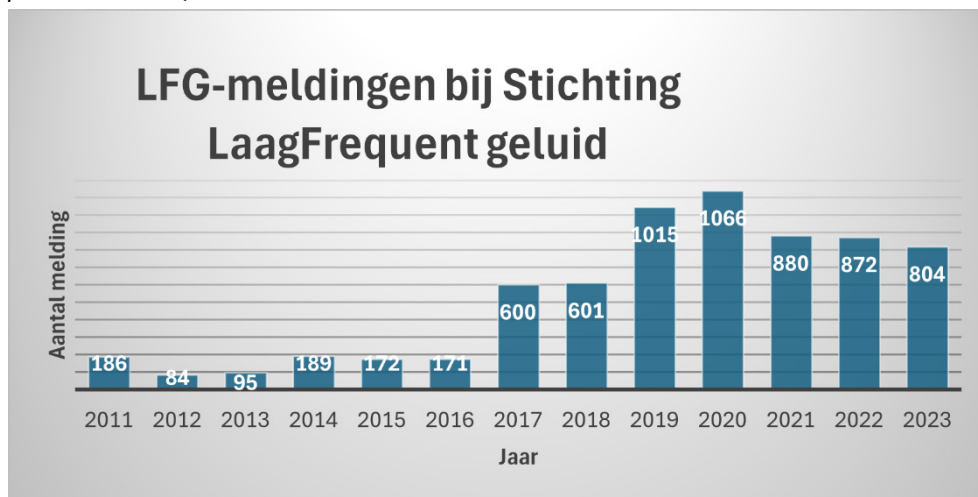
Meldingen bij stichtingen en overheidsinstellingen

a. Meldingen bij Stichting LaagFrequent geluid

Na een aanlooptijd sinds het begin van de registratie in 2011 nam vanaf 2017 het aantal meldingen⁸ per jaar flink toe met een piek in 2020, waarna het aantal afnam en schommelt tussen de 800 en 900 meldingen per jaar (zie Figuur 3). In totaal zijn er vanaf 2011 tot en met 2023 6.735 meldingen ingediend bij de Stichting LaagFrequent geluid.

⁸ NB: het aantal meldingen hoeft niet noodzakelijkerwijs overeen te komen met het aantal melders. Eén melder kan meerdere meldingen doen. Per melding kunnen meerdere bronnen worden genoemd, indien van toepassing.

Figuur 3 Aantal meldingen over LFG bij de Stichting LaagFrequent Geluid in de periode 2011 t/m 2023.



Tabel 2 geeft een overzicht van het aantal meldingen dat bij de Stichting LaagFrequent geluid is geregistreerd in de laatste vijf jaar op provinciaal niveau (Jaarrapportage 2019 t/m 2023). Provincie Noord-Holland is de provincie met de meeste geregistreerde meldingen bij de Stichting LaagFrequent geluid gedurende de laatste vijf jaar (2019-2023, zie Tabel 2). In 2019 is provincie Noord-Brabant (181 meldingen) de daaropvolgend provincie met de meeste meldingen, gevolgd door provincie Zuid-Holland met 177 meldingen. Vanaf 2020 tot 2023 staat provincie Zuid-Holland op nummer twee en provincie Noord-Brabant staat op nummer drie van de provincies met het meeste aantal geregistreerde LFG-meldingen. Volgens de registratie van de Stichting LaagFrequent geluid is de provincie Zeeland de provincie met het minste aantal LFG-meldingen. Voor een deel worden de verschillen in aantal meldingen per provincie verklaard door verschillen in aantal inwoners per provincies. Bij meerdere provincies is een lichte daling te zien in het aantal LFG-meldingen gedurende de laatste vijf jaar. Behalve voor de provincies Drenthe, Friesland, Flevoland, Groningen en Zeeland waar in de laatste vijf jaar een redelijk constant aantal meldingen wordt geregistreerd.

Tabel 2 Aantal meldingen over LFG bij de Stichting LaagFrequent geluid op provinciaal niveau per jaar voor de periode 2019-2023.

Jaartaal	2019	2020	2021	2022	2023
Provincie					
Groningen	33	41	39	38	40
Friesland	35	23	25	31	32
Drenthe	31	40	26	34	30
Overijssel	72	69	44	53	51
Flevoland	22	30	20	23	25
Gelderland	124	144	118	82	88
Utrecht	78	90	82	70	73
Noord-Holland	188	206	165	176	151
Zuid-Holland	177	211	146	165	132
Zeeland	20	22	17	21	14

Jaartaal	2019	2020	2021	2022	2023
Provincie					
Noord-Brabant	181	192	140	126	127
Limburg	70	55	51	42	34

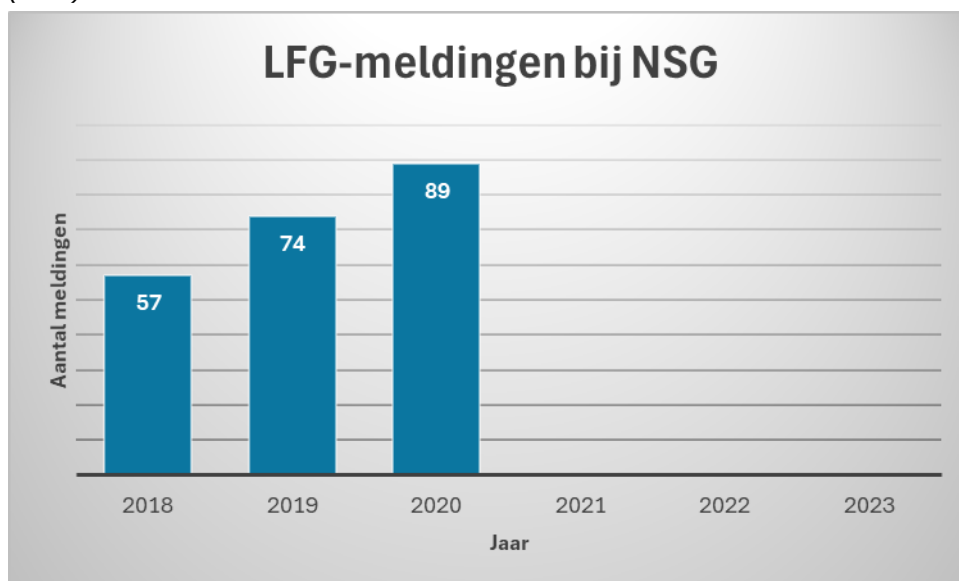
Gezondheidsklachten kunnen ook worden gemeld bij de Stichting LaagFrequent Geluid. Op het meldingsformulier zijn er meerdere keuzes mogelijk. Van de gemelde gezondheidsklachten is slaapproblemen/slaapverstoring de meest gemelde gezondheidsklacht, gevolgd door irritatie, vermoeidheid en stress. De Stichting LaagFrequent Geluid kijkt naar de verschillen in gemelde gezondheidsklachten tussen man en vrouw. Bij vrijwel alle categorieën melden vrouwen vaker een gezondheidsklacht.

Daarnaast hebben we bij de Stichting LaagFrequent Geluid ook gevraagd naar de verschillende gemelde mogelijke LFG-bronnen als oorzaak van slaapproblemen/slaapverstoring, hinder, irritatie en/of andere gezondheidseffecten. Mogelijke bronnen, spontaan gemeld door de melders, zijn: ventilatoren, compressoren, pompen, motoren, aggregaten, cv-ketels, koelinstallaties, warmtepompen, verkeer, fabriek, windturbines, verdeelstation, zendmasten, zonnepanelen of een combinatie van deze bronnen (jaarrapportages) (zie ook Tabel B.3, Bijlage 1).

b. Meldingen bij Nederlandse Stichting Geluidshinder (NSG)

Een andere stichting die meldingen rondom LFG registreert, is de Nederlandse Stichting Geluidshinder (NSG). In Figuur 4 staat het aantal bij NSG ingediende meldingen vanaf het begin van hun registratie in 2018 tot en met 2020 op landelijk niveau (White et al. 2021). Voor de jaren 2021 tot en met 2023 heeft het RIVM vanuit dit meldpunt geen gegevens ontvangen.

Figuur 4 Aantal meldingen over LFG bij de Nederlandse Stichting Geluidshinder (NSG).



c. Meldingen bij provincies

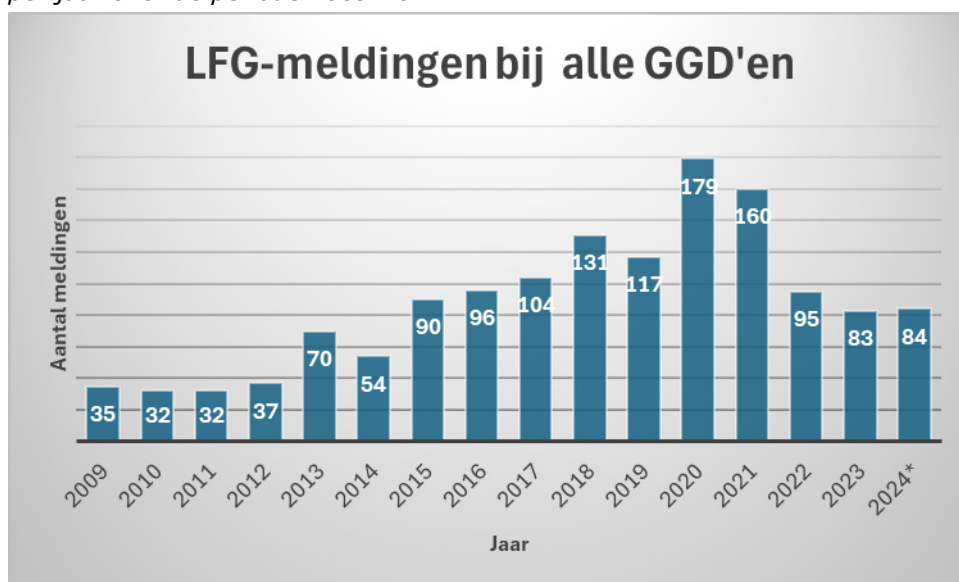
Alle provincies in Nederland hebben een vragenlijst over LFG ontvangen. Van de twaalf provincies hebben tien provincies gereageerd. Van deze tien provincies kunnen burgers bij acht provincies (80%) LFG-meldingen doen, terwijl dit bij twee provincies (20%) niet mogelijk is. Bij vier (50%) van de acht provincies worden deze meldingen ook geregistreerd, waarbij bij drie van deze provincies de gegevens opvraagbaar waren (zie Tabel B4, Bijlage 1). Van deze drie provincies is in Tabel B5, Bijlage 1 te zien in welke categorie het aantal meldingen dat deze provincies hadden binnengekregen in de periode 2019 en 2023 vallen.

Alle provincies geven aan dat ze zelf geen LFG-metingen verrichten. Alle provincies verwijzen wel de binnengekomen meldingen door naar omgevingsdiensten. Twee van deze tien provincies geven aan dat zij soms ook zelf de meldingen afhandelen. De afhandelingsduur is dan één à twee weken. Een provincie verwijst in enkele gevallen naar GGD en een andere verwijst soms naar de gemeenten (Zie Tabel B6, Bijlage 1)

d. Meldingen bij GGD'en

Bij bij de GGD ingediende meldingen gaat het om de mensen die de GGD weten te vinden met zorgen of klachten over een bepaalde milieufactor in hun fysieke leefomgeving. Bovendien kunnen ook andere organisaties (gemeenten, provincie, omgevingsdiensten, enzovoort) meldingen over milieufactoren en gezondheid bij de GGD indienen. Meldingen rondom LFG zijn ook onderdeel van deze registratie (OSIRIS/MGK⁹).

Figuur 5 Aantal meldingen over laagfrequent geluid bij de GGD'en in Nederland per jaar over de periode 2009-2024.



Over de periode van 2009 tot midden augustus 2024, zijn er in totaal 1.399 meldingen geregistreerd over LFG bij alle 25 GGD'en in Nederland¹⁰ (zie Figuur 5). 77 procent van deze melders geeft aan dat ze hinder ervaren door de blootstelling aan LFG (zie Tabel B.7, Bijlage

⁹ MGK- milieugerelateerde gezondheidsklachten

¹⁰ Op jaarbasis ligt het aandeel LFG-meldingen onder de 3 procent van het totaal aantal meldingen per jaar.

1). Andere gezondheidseffecten die melders toeschrijven aan LFG zijn psychische problemen (5%), problemen met de oren (3 %), bezorgdheid (3%), slaapverstoring en algemeen (allebei 2%). Bij 6 procent van de meldingen over LFG zijn er geen gezondheidseffecten gemeld. Zie Tabel B.7, Bijlage 1 voor een uitgebreide lijst van de geregistreerde gezondheidseffecten).

De meldingen in OSIRIS zijn te verdelen in de categorieën binnenmilieu en buitenmilieu. Van de 1.399 geregistreerde meldingen in deze periode behoren 808 (57%) tot het binnenmilieu en 505 (36%) tot het buitenmilieu. Daarnaast zijn er 86 (6%) geregistreerde meldingen waar niet wordt aangegeven of deze het binnenmilieu of buitenmilieu betreffen. Van de meldingen die onder het binnenmilieu vallen, is bij 7 procent (n=100) een mogelijke bron vermeld. De belangrijkste gemelde bronnen die onder het binnenmilieu vallen, zijn gerelateerd aan burenbewonersgedrag (49%), ventilatiesysteem (18%) en elektrische apparaten (12%) (zie Tabel B.8, Bijlage 1). Voor de geregistreerde meldingen die onder het buitenmilieu vallen, werd er bij 10 procent (138) een bron gemeld. Belangrijkste gemelde bronnen hierbij zijn gerelateerd aan bedrijf/industriegebied (31%), transformatorhuisje (8%) en windturbine (7%) (zie Tabel B.9, Bijlage 1).

e. Aantal meldingen en klachten rondom grond(gebonden) LFG bij vliegvelden in Nederland.

Er is geen informatie over grond(gebonden) LFG-meldingen gevonden in de meldingsrapporten van de onderzochte luchthavens (Amsterdam Luchthaven Schiphol, Rotterdam The Hague Airport, Maastricht-Aachen Airport, Groningen Airport Eelde, Lelystad Airport, en Eindhoven Airport). Ook informatie over meldingen en klachten van grond(gebonden) geluid in het algemeen (onafhankelijk van de frequentie) of van LFG in het algemeen (onafhankelijk of het grond(gebonden) is) was niet beschikbaar.

Alleen in het jaarrapport van luchthaven Rotterdam The Hague (Jaarrapport 2023, p.24, Grafiek 8: Soort hinder per klasse) wordt als een mogelijke soort hinder 'Grondgeluid (starten/landen/ taxiën)' genoemd, maar dit wordt niet gespecificeerd als LFG. Hieruit blijkt dat bij mensen die veel meldingen hebben ingediend (200 of meer meldingen in 2023), 'Grondgeluid' rond 5 procent van het type melding uitmaakt. Bij de klachten van melders die minder meldingen hebben ingediend (200 of minder meldingen in 2023), maakt 'Grondgeluid' rond 1-2 procent van het type melding uit.

Ook in het jaarrapport van luchthaven Groningen Eelde (Jaarrapport 2023, pagina 26, Tabel 12) worden klachten over 'starten en landen' genoemd, maar wordt er niet gespecificeerd of dit LFG of grond(gebonden) geluid is. Van de 692 ingediende meldingen hebben 8 meldingen (1,2%) het starten van een vliegtuig als oorzaak van de hinder aangegeven en 6 meldingen (0,9%) het landen van een vliegtuig.

3.2 Inventarisatie van meetprotocollen bij omgevingsdiensten in Nederland

Dit deel van het onderzoek had twee doelen:

- Hoe pakken Omgevingsdiensten het meten van laagfrequent geluid aan?
- Wat is een goede methode voor omgevingsdiensten om LFG te meten?

In het kort dus een inventarisatie en beoordeling van meetmethodes voor LFG. Om de context te schetsen, begint het hoofdstuk met een inventarisatie van meldingen, metingen en bronnen.

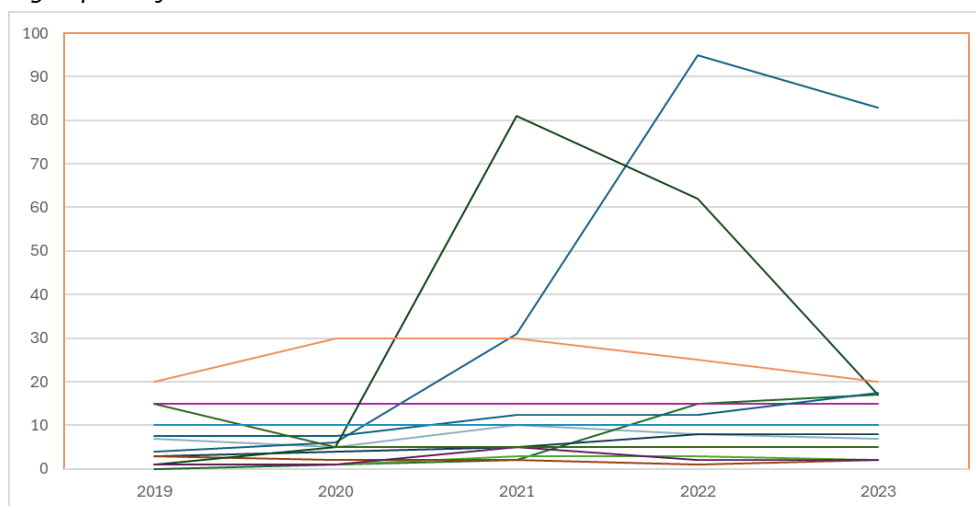
3.2.1 Inventarisatie meldingen, metingen en bronnen

Op basis van antwoorden op de vragenlijst, uitgezet onder omgevingsdiensten (OD's), geeft dit deel een beeld van de praktijk van LFG meten bij omgevingsdiensten. Van de 28 omgevingsdiensten hebben 16 (ongeveer 57%) gereageerd op de oproep met een ingevulde vragenlijst. Bijna elke OD handelt meldingen altijd zelf af. De resultaten die hieronder zijn uitgewerkt, gaan over de periode 2019–2023.

Aantal meldingen, LFG-vaststellingen en bronnen

In Figuur 6 zien we een grafiek van het aantal meldingen dat binnenkwam in de periode 2019-2023. Hier zien we dat vanaf 2021 twee OD's aanmerkelijk meer meldingen ontvingen.

Figuur 6 Aantal meldingen over laagfrequent geluid van 2019 tot 2023 bij 16 van de 28 Omgevingsdiensten in Nederland. Elke lijn geeft een van de deelnemende OD's weer. Een lijn geeft het aantal meldingen per jaar weer in de afgelopen 5 jaar.



De OD's ontvingen meldingen van burgers (13 van de 16 OD's, 81%), gemeentes (81%), GGD'en (50%) en provincies (13%). Zowel bij het vaststellen van LFG als bij het opsporen van een bron zien we grote verschillen tussen OD's. Eén OD heeft een vaststellingspercentage voor de aanwezigheid van LFG van 76-99 procent. Twee andere OD's detecteren laagfrequent geluid bij 25-50 procent van de meldingen. Dertien van de zestien OD's (81%) detecteren in minder dan 25 procent

van de gevallen LFG. Dat betekent dat er bij de meeste OD's vaak geen LFG wordt vastgesteld als er bij een melding wordt gemeten.

Voor de gevallen waarin er LFG is vastgesteld, geldt dat 13 van de 16 OD's (81%) in minder dan 25 procent van de gevallen een bron vinden. Drie OD's vinden in meer dan 50 procent van de gevallen een bron, waarvan er twee zelfs in meer dan 75 procent van de gevallen een bron vinden. De bronnen die LFG veroorzaken, worden vooral buitenshuis gevonden. Daarbij geven bijna alle OD's (94%) aan dat dit in 50 procent of meer van de gevallen gebeurt. Eén OD wijkt af van deze score en geeft aan dat meer dan 75 procent van de bronnen binnenshuis wordt vastgesteld.

Bronnen

In of vlak bij de woning van de melder of de burens blijken technische installaties vaak de bron van LFG te zijn. De OD's noemen vaak klimaatinstallaties, zoals airco's, ventilatie, afzuiging en warmtepompen. Daarnaast worden ventilatoren, pompen, zoals zwembadpompen, koelkasten en meterkasten genoemd.

Wat verder van de woning zijn er bronnen gevonden van technische aard. Hier worden transformatoren genoemd en industriële procesinstallaties, zoals zeefinstallaties. Daarnaast: mijnbouwbedrijf, betonindustrie, zandwinning, bronbemaling, een gemaal en windmolens. Het geeft een beeld van bronnen die voor overlast door LFG kunnen zorgen. Precieze aantallen zijn niet uitgevraagd, dus we weten niet hoe vaak welke bron voorkomt. Wel valt op dat klimaatinstallaties vaak worden genoemd. Elf van de 13 OD's die bronnen hadden gevonden (85%), noemden bronnen uit deze categorie.

Tevredenheid

Van de 16 OD's geven er 6 aan tevreden te zijn met hun huidige methode (38%). 4 zijn ontevreden (25%) en 6 staan hier neutraal tegenover (38%).

3.2.2

Inventarisatie meetprotocollen

Er is ook geïnformeerd naar een meetprotocol of een beschrijving van meetmethoden. Eén omgevingsdienst (OD) heeft een gedetailleerd meetprotocol opgestuurd. Daarnaast stuurden drie OD's een minder technische werkwijze mee. Zeven OD's gaven in een of enkele alinea's een beschrijving van gehanteerde meetmethodes. In totaal konden 11 OD's minstens een globale beschrijving sturen van gehanteerde meetmethodes.

Naast het feitelijke meten, bespreken we in dit hoofdstuk ook het voorbereidende werk en de analyse van de metingen. Uit de ingezonden vragenlijsten en documenten bleek dat het voorwerk en de analyse zeer relevante onderdelen zijn in het complexe thema van laagfrequent geluid. Zoals de OD met de meeste meldingen aangeeft: "In plaats van 'meetprotocol' kan beter worden gesproken van uitvoeringsprotocol". De hieronder uitgewerkte resultaten gaan over op de periode 2019–2023. Eén OD doet sinds 2019 geen LFG-metingen meer. Omdat deze OD over de periode 2014-2019 wel nuttige informatie over de werkwijze kon delen, is deze informatie wel meegenomen.

Vorbereidend werk

Alle 16 OD's hebben iets gedeeld over het voorwerk. Hiervan konden 8 OD's documenten sturen over het bredere proces rondom het afhandelen van LFG-klachten, vaak gericht op de samenwerking tussen OD, gemeente en GGD. De OD's uit één provincie hanteren een provincie-breed proces, met onder andere een standaard vragenlijst en brief aan de melder.

Na ontvangst van de melding bij de OD wordt beoordeeld of er wel of niet wordt gemeten. Criteria voor deze beoordeling verschillen per OD. Eén OD neemt alle meldingen aan en een andere OD heeft voor deze beoordeling een uitgebreid protocol waarbij meerdere afdelingen betrokken zijn. Bij 7 van de 16 OD's (44%) vult de melder een vragenlijst in. Vier OD's (25%) gaan altijd meten als de vermeende bron een bedrijf is. Bij zes OD's (38%) is een gesprek met de melder hiervan onderdeel. Bij drie OD's (19%) voert een toezichthouder of GGD dit gesprek al vóórdat het bij de OD terecht komt. Eén OD vraagt de melder vooraf om een logboekje bij te houden van de momenten waarop de melder last heeft van het geluid.

Voordat er wordt gemeten, is het voor 7 OD's gebruikelijk om de overlastgevende toon of tonen vast te stellen. Hiervoor wordt voor de gehinderde een toon afgespeeld die varieert in frequentie. Dit kan de melder zelf doen met een app, of samen met de OD-medewerker. Verschillende apps worden hiervoor genoemd: *Frequency Tone Generator* en *PA Tone* voor de smartphone en *Function Generator* voor iPad. Dit gebeurt met een koptelefoon of oortjes voor een goede weergave van lage frequenties.

Twee OD's benadrukken het belang van het sociale aspect van LFG-klachten en om tijd te nemen voor goede communicatie: om de melder de tijd te geven om het eigen verhaal te vertellen en vooral om goed verwachtingen te managen. Aan het eind van het proces lijkt een duidelijke terugkoppeling bij te dragen aan tevredenheid bij de melders. Ook als er geen bron wordt gevonden.

Metten

Vijf OD's geven aan zelf geen LFG (meer) te meten. Twee OD's hiervan geven aan dat een extern bureau of de gemeente de metingen uitvoert. Het volgende gaat over 11 OD's die een beschrijving van de meetmethode konden delen.

Al deze 11 OD's (100%) meten geluidsniveaus in een spectrum van tertsbanden. 7 OD's (64%) meten ook met hogere spectrale resolutie een FFT-spectrum¹¹ of spectrogram.

De dB(C)-dB(A)-methode (verschilmeting)¹² wordt door drie OD's (28%) genoemd als indicatieve waarde die niet bepalend is voor de uiteindelijke beoordeling. Door de A-gewogen L_{Aeq} van de C-gewogen L_{Ceq} af te trekken, krijgt men een beeld van hoe bepalend lage frequenties zijn voor het totale geluidsniveau. Als lage frequenties niet bepalend zijn voor de L_{Ceq} , dan zal de $L_{Ceq} - L_{Aeq}$ een klein getal zijn. Als lage frequenties wel bepalend zijn voor de L_{Ceq} , dan wordt het een groot getal. Aan het resultaat is niet automatisch te zien of het laagfrequente geluid waarneembaar is.

¹¹ FFT: Fast Fourier Transform.

¹² Eén van de manieren om LFG te identificeren, is door metingen te doen met zowel de A-weging als de C-weging. Als het verschil groot is ($L_C - L_A > 20$ dB), dan is dit een grove indicatie voor de aanwezigheid van LFG <https://www.rivm.nl/documenten/factsheet-laagfrequent-geluid>.

Drie OD's (28%) geven aan ook L_{Aeq} te meten om te toetsen aan normen voor geluid binnenshuis. Belangrijk hier is om op te merken dat er momenteel geen specifiek voor laagfrequent geluid geldende normen zijn. Wel is het mogelijk dat LFG tot overschrijding van de algemene geluidsnorm kan leiden.

Eén OD (9%) voert bij het bezoek ook trillingsmetingen uit.

Twee OD's (18%) geven de melder de mogelijkheid om zelf te meten.

Hiervoor wordt een telefoon met app 'Spectroid' gebruikt of een laptop met het programma 'Spectrumlab'.

De meetduur verschilt sterk. Waar één OD een strikt maximum van 10 minuten hanteert, meet een andere OD dagen tot weken lang.

Er werden ook door derden ontwikkelde meetmethoden genoemd. Dat zijn de NSG-richtlijn Laagfrequent geluid (NSG-curve), de curve Vercammen (1992), het handboek van Van Muijlwijk en de Duitse standaard DIN 45680.

Analyse en beoordeling

Na het meten, worden de metingen geanalyseerd en beoordeeld. Het belangrijkste doel voor de OD is vaststellen of de hinder valt te verklaren door fysiek aanwezig laagfrequent geluid in de woning. Als er LFG is aangetoond, kan daarna naar een bron worden gezocht.

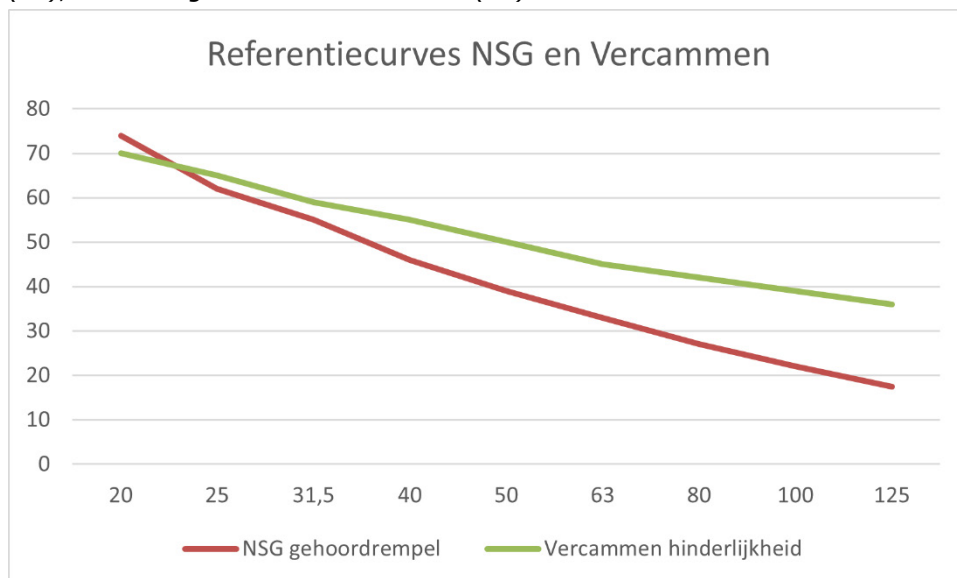
Een gevoelige geluidmeter pakt bijna altijd wel geluid op. Er moet dus worden bepaald of het gemeten geluid ook de oorzaak kan zijn van de hinder. Gevoeligheid voor geluid kan tussen mensen sterk verschillen.

Om een indicatie van hoorbaarheid en aanvaardbaarheid te krijgen, gebruiken OD's twee referentiecurves: de Vercammen-curve en de NSG-curve (zie Figuur 7).

Alle 11 OD's (100%) gebruiken de Vercammen-curve. Deze curve geeft een indicatie van de aanvaardbaarheid van het geluid. Er wordt aangenomen dat een geluidniveau onder deze curve door 3-10 procent van de mensen nog als 'hinderlijk' kan worden ervaren.

Negen van de 11 OD's (82%) gebruiken de NSG-curve voor LFG, die een indicatie geeft van de hoorbaarheid van het geluid. Deze NSG-gehoordrempel geeft aan dat 90 procent van de oudere volwassenen geluidniveaus onder deze curve niet hoort. Dit is gebaseerd op een groep personen van 50 tot 60 jaar, waarbij geredeneerd wordt dat onder 40 jaar LFG-klachten nauwelijks voorkomen. De NSG-curve is opgesteld in tertsbanden en toegelicht in de NSG-richtlijn laagfrequent geluid [<https://static.nsg.nl/NSG-Richtlijn-rlfg.pdf>].

Figuur 7 Referentiecures NSG en Vercammen. Horizontaal frequentie in Herz (Hz), verticaal geluidniveau in deciBel (dB).



Eén OD geeft aan vooral geïnteresseerd te zijn in bronnen van activiteiten buitenshuis. Deze OD merkt op dat in de context van een maximaal toelaatbare meetwaarde van 20dB L_{Aeq} binnenshuis (alleen 's nachts met toeslag voor tonaal geluid), een laagfrequente toon automatisch de norm overschrijdt, zodra die hinderlijk is volgens de Vercammen-curve¹³. Dit geeft perspectief op handhaving in deze gevallen, ook zonder specifieke norm voor laagfrequent geluid.

OD's die beide curves gebruiken, doen dat op de volgende wijze. Als de Vercammen-curve wordt overschreden, is er sprake van onaanvaardbaar laagfrequent geluid, met zo mogelijk vervolgonderzoek naar de bron. Als het gemeten geluid onder de NSG-curve blijft, wordt geconcludeerd dat er geen hoorbaar laagfrequent geluid aanwezig is. De gehinderde zal worden doorverwezen naar de GGD of huisarts. In het geval van niveaus tussen de Vercammen- en NSG-curves verschillen de vervolgstappen. Er wordt bijvoorbeeld gekeken of de bron kan worden gevonden en met simpele handelingen kan worden weggenomen. Naast deze twee curves kunnen ook andere metingen een indicatie geven. De zeven OD's die ook FFT-metingen uitvoeren met hogere spectrale resolutie krijgen zo zicht op de precieze frequentie van een aanwezige bromtoon. Door vooraf de overlast gevende toon uit te vragen bij de melder (met toongenerator) kunnen zes van deze OD's nagaan of de gemeten tonen in de FFT aansluiten bij de toon waarvan de gehinderde last lijkt te hebben.

Drie OD's (27%) geven aan bij het eerste bezoek met een aan-/uit-test te meten of laagfrequent geluid wordt veroorzaakt door apparaten binnenshuis. Dit begint met het aan- en uitschakelen van de hoofdschakelaar van het huis of bij de burens. De beleving van het geluid

¹³ Na het toepassen van A-weging is de Vercammen-curve namelijk ongeveer 20dB(A) voor elke tertsbands. Als een tertsbands boven de Vercammen-curve komt, betekent dit direct een L_{Aeq} van meer dan 20dB. Deze 20dB geldt voor gevallen waarin een dergelijke norm van toepassing is. Het Besluit kwaliteit leefomgeving schrijft in de nacht een grenswaarde voor van 25dB(A) van het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau. Volgens de Omgevingsregeling geldt er bij tonaal geluid een toeslag van 5dB op het gemeten geluidniveau.

tijdens de test is niet bepalend. De mogelijke afname van geluidniveaus moet gemeten worden. Een OD (9%) geeft aan alleen over te gaan tot het opsporen van een bron als de gemeente daarvoor apart opdracht geeft.

Als er geen LFG wordt vastgesteld, geven acht OD's (73%) aan dat de melder wordt doorgestuurd naar de GGD. Twee daarvan adviseren dan ook om naar de huisarts te gaan. De melder wordt ook doorverwezen als de aanwezigheid van hoorbaar LFG wordt bevestigd, maar het geluid niet is te stoppen. Een audiologisch centrum kan een gehinderde ook helpen om te gaan met geluid dat fysiek in de ruimte aanwezig is.

3.2.3 *Beoordeling meetmethodes*

Er is vraag naar een uniforme meetmethode voor omgevingsdiensten. Aan de hand van de beschikbare gegevens is het niet mogelijk om een ideale meetmethode op te stellen. Voor een best practice is een meer intensief proces nodig, waarin OD's gezamenlijk tot een breed gedragen aanpak kunnen komen.

In dit onderzoek kunnen we wel een begin maken, door aspecten van methodes te identificeren die positief uit de ingezonden gegevens lijken te komen. We beschouwen eerst een combinatie van indicatoren die een relatie kunnen hebben met de effectiviteit van een gehanteerde methode. Vervolgens kijken we naar hoe tevredenheid samenhangt met onderdelen van meetmethodes.

Combinatie van indicatoren

De volgende indicatoren voor de kwaliteit van een methode zijn te herleiden uit de beschikbare gegevens:

- Hoe succesvol is de OD in het vaststellen van LFG? (Als % van metingen.) Dit is op zichzelf geen sterke indicator, want het hangt sterk af van andere zaken, zoals de voorselectie en aanwezigheid van LFG in de regio.
- Hoe succesvol is de OD in het vinden van bronnen? (Als % van vaststellingen.) Dit hangt bijvoorbeeld af van de opdracht en het type bronnen in de regio.
- Hoeveel ervaring heeft de OD met LFG? (Aantallen afgehandelde meldingen.) Dit is ook geen volledige indicator voor een goede methode. Bijvoorbeeld: de twee meest ervaren OD's zijn niet tevreden met de gehanteerde methode.
- Hoe tevreden is de OD? (Uitgevraagd.) Dit is geen objectieve indicator. Dit hangt onder andere af van de doelen van de specifieke OD.

We kunnen deze vier indicatoren combineren en alle OD's een score geven. Als elke indicator even zwaar meetelt, komen twee OD's ruim bovenaan. Helaas konden deze twee OD's niet veel detail over de methode delen. Er is enkel te concluderen dat beide OD's de Vercammen-curve gebruiken.

Tevredenheid

Van de 16 reacties waren 6 (38%) OD's tevreden met de huidige methode voor het meten van LFG. 6 (38%) OD's waren neutraal en 4 (25%) ontevreden.

De tevredenheid lijkt in eerste instantie te maken te hebben met de beschikbaarheid van een duidelijke methode in de organisatie. Onder de

11 OD's die een enigszins technische beschrijving van de meetmethode konden sturen, waren 6 (55%) tevreden, 4 (36%) neutraal en was 1 (9%) ontevreden. Deze enkele ontevredenheid kwam niet door de meetmethode op zich, maar door het ontbreken van een wettelijk kader, waardoor het meten van LFG geen prioriteit had. Van de 5 OD's die *geen* beschrijving konden sturen, waren er 2 (40%) neutraal en 3 (60%) ontevreden. Het ontbreken van een methode lijkt samen te gaan met onvrede.

Onder de OD's die tevreden zijn, zien we dat deze allemaal (100%) de combinatie van NSG- + Vercammen-curves gebruiken voor de beoordeling van metingen van tertsbanden. Daarnaast meet een meerderheid (4/6, 67%) ook spectra met hogere Hz-resolutie, in de vorm van een FFT-spectrum of spectrogram. Deze OD's sturen vooraf ook een vragenlijst aan de melder, om te bepalen of er gemeten moet worden of niet. Als de hinder niet is weg te nemen, verwijzen de tevreden OD's de melder door naar een GGD.

Op andere aspecten verschillen de methodes van tevreden OD's sterk. Zo gebruikt bijvoorbeeld de helft een toongenerator, gebruikt een OD L_A-L_C en meet een ander ook trillingen, toetst een OD ook de L_{aeq} -norm en doen twee een aan-/uit-test.

3.3 Literatuuroverzicht

Voor het literatuuroverzicht¹⁴ (zie Bijlage 3) is een zoekprofiel opgesteld voor effecten van LFG in het algemeen en één voor grond(gebonden) LFG op luchthavens in het bijzonder. Met deze zoekprofielen zijn 4 databases voor wetenschappelijke literatuur doorzocht (Pubmed, Embase.com, PsychINFO en Scopus). De zoekperiode sluit aan op de literatuuroverzichtsperiode van Baliatsas et al. en loopt van 2015 tot en met 2023. Daarnaast zijn in- en uitsluitcriteria opgesteld voor onder andere onderzoekspopulatie (bijvoorbeeld voor algemeen LFG: omwonenden, geen beroepsbevolking of bedrijfslocaties), type blootstellingskarakterisering, type effecten en type onderzoeksopzet (geen experimenten).

De zoekprofielen leverden 3.678 artikelen op over een periode van negen jaar. Na verwijdering van dubbele artikelen (793) bleven er 2.885 artikelen over, waarvan 71 luchthaven-gerelateerd waren. Van deze 2.885 artikelen zijn titel en samenvatting door twee onderzoekers gescreend met behulp van de in- en uitsluitingscriteria. Na deze screening bleven er 84 artikelen over, waarvan 2 luchthaven-gerelateerd. Deze 84 artikelen zijn door dezelfde twee auteurs op volledige tekst doorgenomen en verdere toepassing van de in- en uitsluitcriteria leidde tot 6 studies (geen luchthaven-gerelateerd) die voor verdere analyse in de review zijn meegenomen.

In Tabel 3 staan de artikelen die voor nadere analyse zijn gebruikt in het literatuuroverzicht.

Tabel 3 Artikelen gebruikt voor nadere analyse (extractie).

Auteur	Titel
Poulsen et al. 2019	Impact of Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise on Redemption of Sleep Medication and Antidepressants: A Nationwide Cohort Study

¹⁴ C. de Bruijn et al. (in voorbereiding). Werktitel: The effects of low-frequency noise and infrasound on health outcomes in the general residential population: a scoping review of observational studies.

Auteur	Titel
Poulsen et al. 2019	Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise and Risk for Myocardial Infarction and Stroke: A Nationwide Cohort Study
Poulsen et al. 2018	Long-term exposure to wind turbine noise and redemption of antihypertensive medication: A nationwide cohort study
Poulsen et al. 2018	Long-term exposure to wind turbine noise at night and risk for diabetes: A nationwide cohort study
Poulsen et al. 2018	Pregnancy exposure to wind turbine noise and adverse birth outcomes: a nationwide cohort study
Poulsen et al. 2018	Short-term nighttime wind turbine noise and cardiovascular events: A nationwide case-crossover study from Denmark

De artikelen zijn gebaseerd op de resultaten van één groot Deens onderzoek, met verschillende deelonderzoeken, naar de invloed van geluid van windturbines in huis op de gezondheid:

- In alle 6 de studies werd teruggekeken in de tijd naar de relatie tussen blootstelling en effect.
- LFG werd in deze studies gedefinieerd als geluid met een frequentiebereik van 10 tot en met 160 Herz (Hz). De geluidblootstelling werd berekend en gecategoriseerd in 4 blootstellingscategorieën (<5, 5≤10, 10≤15 en ≥ 15 dB(A)).
- Effecten op medicatiegebruik (slaap, antidepressiva, bloeddrukverlagende middelen met en zonder diuretica); beroerte 2 keer, hartinfarct 2 keer; diabetes; ontwikkeling baby's bij geboorte (te vroeg geboren, klein voor leeftijd, laag in geboortegewicht) werden onderzocht.
- Effectschattingen¹⁵ werden gemaakt met behulp van data die routinematig over de gehele bevolking van Denemarken in registratiesystemen wordt verzameld.
- De studies hadden verschillende onderzoeksperioden variërend van 1982 tot en met 2013.
- Het aantal deelnemers aan de studies varieerde van 535.675 tot 712.401.
- De steekproef van deelnemers in op één na alle cohortstudies bestond uit inwoners in de leeftijd van 25-85 die in de buurt van een windturbine woonden, of in de buurt van een locatie waar binnen 5 jaar een windturbine zou worden geplaatst.

In totaal werden voor 12 gezondheidseindpunten en 35 effectschattingen berekend (één werd niet gerapporteerd), voor elk van de drie geluidscategorieën groter dan 5 dB. De laagste categorie (<5 dB) werd als referentiecategorie gebruikt. Dat wil zeggen dat de effectgrootte in de 3 hogere blootstellingscategorieën werd gerelateerd aan de effectgrootte in de laagste categorie.

De effectschattingen zijn over het algemeen klein, met 23 schattingen (66%) die 10 procentpunten rond 1 schommelen, dat wil zeggen tussen 0,90 en 1,10. De resultaten laten vooral een gebrek aan consistentie zien. Van de 35 schattingen vertonen er 18 een risicoratio > 1 (een

¹⁵ De mate van samenhang (positief, negatief, geen samenhang) tussen de onderzochte blootstelling en het onderzochte effect uitgedrukt in een getal.

positieve associatie, dat wil zeggen een hoger risico in de blootgestelde groep dan in de controlegroep), één een ratio van 1 (dat wil zeggen geen associatie) en 16 een ratio < 1 (een negatieve associatie, dat wil zeggen een lager risico in de hoger blootgestelde groepen dan in de controlegroep).

Er is geen duidelijke trend binnen de gezondheidsuitkomsten met toenemende geluidsniveaus. Van de 12 verschillende gemeten gezondheidsuitkomsten vertoonden er 4 een afname in kans op een effect met toenemende geluidsniveaus (onder andere slaapmedicatie), 3 een toename (onder andere hartinfarct in de cohortstudie) en 5 gezondheidsuitkomsten een patroon van ofwel toename gevolgd door afname, of vice versa (onder andere antihypertensiva exclusief diuretica).

De gezondheidsuitkomsten hartinfarct en beroerte werden elk onderzocht in twee verschillende studies met verschillende studieopzetten, namelijk een cohortstudie en een case-crossoverstudie. Ook hier is er een gebrek aan consistentie in de resultaten. Terwijl de resultaten voor hartinfarct in beide onderzoeken een toename in kans op een effect laten zien met toenemende geluidsniveaus, laten de resultaten voor beroerte geen overeenkomst zien in het patroon tussen de twee onderzoeken.

Belangrijk is dat slechts één schatting statistisch significant was op 5 procent-niveau en dat 34 schattingen niet-statistisch significant waren. Deze 34 schattingen hebben een 95 procent-betrouwbaarheidsinterval dat 1 omvat. Dit betekent dat het betrouwbaarheidsinterval loopt van ergens onder de één tot ergens boven de één en dat er 95 procent kans is dat het ware effect ergens in dit interval ligt. Hoewel de berekende waarde de beste schatting is, kan de werkelijke waarde een tegengesteld teken hebben aan de geschatte waarde, of de werkelijke waarde kan gelijk zijn aan 1, wat aangeeft dat er geen effect is (dat wil zeggen een nihil effect).

4 Discussie en Conclusie

4.1 Aard en omvang van meldingen rondom LFG

Met het volgen van hinder-/slaapverstoringmeldingen over LFG kunnen we een indruk geven van de ontwikkeling hiervan in de tijd.

Het OBW-onderzoek geeft een landelijk beeld van de mate van hinder en slaapverstoring door blootstelling aan verschillende milieufactoren in de fysieke leefomgeving. Een van deze milieufactoren is LFG.

Na een aantal jaren te zijn toegenomen, neemt het aantal meldingen van LFG de laatste jaren (vanaf 2020) af, blijkt uit de inventarisaties van GGD'en en de Stichting LaagFrequent geluid. In het algemeen laat het jaar 2023 een stijging zien in ernstige hinder door LFG van 2,2 procent naar 3,2 procent ten opzichte van 2016. Voor ernstige slaapverstoring zien we dit beeld ook, maar in mindere mate. Let wel, dit is een landelijk beeld. Lokaal kan bij vooral grotere, externe bronnen de mate van hinder en slaapverstoring veel groter zijn. Hier zijn geen eenduidige verklaringen voor. Variërende aandacht in de media, variërend vertrouwen in instanties en verwachting over zinvolheid van de melding kunnen van invloed zijn.

Een afname in meldingen is niet direct te koppelen aan een afname van laagfrequent geluid (waar je eerder een toename in potentiële bronnen mag verwachten), maar geeft wel een belangrijk signaal om te kijken of de hoeveelheid LFG daadwerkelijk afneemt, en/of waarom de zorgen over LFG afnemen.

De GGD-gegevens laten zien dat de belangrijkste gezondheidseffecten die de melders associëren met blootstelling aan LFG hinder (76,6%), psychische problemen (4,6%) en problemen met de oren (3,3%) zijn. Slaapverstoring behoort tot de top vijf van de gezondheidseffecten die de melders associëren met blootstelling aan LFG.

Bij de GGD'en worden deze bronnen in twee groepen verdeeld, namelijk binnenmilieu en buitenmilieu. De belangrijkste gemelde bronnen die onder het binnenmilieu vallen, zijn gerelateerd aan burenbewonersgedrag (49%), ventilatiesysteem (18%) en elektrische apparaten (12%). Belangrijkste bronnen die onder het buitenmilieu vallen, zijn bedrijf/industriegebied (31%), transformatorhuisje (8%) en windturbine (7%).

De belangrijkste bronnen die bij de Stichting LaagFrequent geluid zijn gemeld, zijn industrie en zware machines (4,0%), pompen (3,6%), airconditioning en mechanische ventilatie (3,5%).

Bij de meeste meldingen worden geen mogelijke bronnen vermeld. Alleen bij een hele kleine groep melders is dat het geval.

Voordeel van meldingen is dat het heel gericht mogelijk is om te zien waar meldingen vandaan komen en wat het probleem is. Mensen kunnen gericht hun verhaal vertellen. Nadeel van meldingen is dat nooit precies duidelijk is hoe representatief het aantal meldingen is en wat (een toe- of afname van) het aantal meldingen betekent. Dit hangt onder andere af van de bekendheid van het meldpunt en de aandacht voor het onderwerp. Het voordeel van (vragenlijst)onderzoek onder een

willekeurig gekozen groep mensen is dat het mogelijk is om aan de hand van de resultaten in te schatten hoe groot het probleem is onder de hele bevolking. Dergelijke resultaten kunnen vervolgens aanleiding geven om al dan niet beleid te ontwikkelen. Nadeel van zulk onderzoek is dat niet iedereen die een uitnodiging ontvangt ook meedoet. Dat kan de resultaten vertekenen.

Inventarisatie van het aantal meldingen en klachten rondom grond(gebonden) Laagfrequent geluid bij vliegvelden in Nederland

We konden geen openbare informatie over grond(gebonden) LFG-meldingen vinden in de meldingsrapporten van de luchthavens Amsterdam Schiphol, Rotterdam The Hague, Maastricht-Aachen, Groningen-Eelde, Lelystad, en Eindhoven. Alleen in het rapport van Rotterdam The Hague Airport was sprake van 'grondgeluid', maar niet gespecificeerd als LFG. Klachtenformulieren lijken hier niet systematisch naar te vragen. Om meer informatie te krijgen, zou er in dergelijke klachtenformulieren specifiek naar moeten worden gevraagd. We hebben verder niet specifiek gezocht naar berichten over militaire luchthavens. Er wordt echter niet verwacht dat er meldingen over grond(gebonden) LFG te vinden zijn over militaire luchthavens, omdat er in principe maar één meldingsformulier bestaat, dat daar niet systematisch naar vraagt. Een zoekopdracht in de rapporten van militaire luchthavens zou snel mogelijk moeten zijn en informatie moeten opleveren.

Op basis van beschikbare meldingen van (grond)gebonden LFG is er geen mogelijkheid om rekening te houden met grondgeluid in beleid. Hiervoor is inzicht nodig in de aard en omvang van grond(gebonden) LFG van luchtvaart en die informatie is niet beschikbaar.

Het voordeel van meldingen is dat het heel gericht mogelijk is om te zien waar meldingen vandaan komen en wat het probleem is. Mensen kunnen gericht hun verhaal vertellen. Nadeel van meldingen is dat nooit precies duidelijk is hoe representatief het aantal meldingen is en wat (een toe- of afname van) het aantal meldingen betekent. Dit hangt onder af van de bekendheid van het meldpunt en de aandacht voor het onderwerp. Het voordeel van (vragenlijst)onderzoek onder een willekeurig gekozen groep mensen is dat het mogelijk is om aan de hand van de resultaten in te schatten hoe groot het probleem is onder de hele bevolking. Dergelijke resultaten kunnen vervolgens aanleiding geven om al dan niet beleid te ontwikkelen. Nadeel van zulk onderzoek is dat niet iedereen die een uitnodiging ontvangt ook meedoet. Dat kan de resultaten vertekenen. Ook zijn mensen soms teleurgesteld of boos als ze geen uitnodiging hebben ontvangen om mee te doen aan het onderzoek.

Ondanks de verschillende voor- en nadelen is het goed mogelijk om met bestaande registraties van hinder en meldingen van LFG de ontwikkeling van de omvang van de hinder en het aantal meldingen van LFG in de tijd te volgen.

4.2 Inventarisatie van meetprotocollen bij omgevingsdiensten in Nederland

Met de ontvangen vragenlijsten, documenten en uitleg van omgevingsdiensten is geïnventariseerd hoe omgevingsdiensten omgaan

met meldingen van laagfrequent geluid. Er is een beeld ontstaan van de praktijk van het afhandelen van LFG-klachten door OD's. Enkele technieken worden veelvuldig gebruikt. Op andere punten zijn er grote verschillen in aanpak tussen OD's. Ondanks dat een objectieve beoordeling van meetmethoden niet mogelijk is, zijn er wel stappen geïdentificeerd die lijken bij te dragen aan een succesvolle behandeling van een melding.

Voor de beoordeling van het geluid gebruiken veel OD's de NSG- en Vercammen-curves. Dit lijkt een goede indicatie te geven van de af- of aanwezigheid van hinderlijk LFG. Voor het toetsen aan deze curves moet het geluid in ieder geval in tertsbanden gemeten worden. Daarnaast kunnen ook spectra met hogere Hz-resolutie, in de vorm van een FFT-spectrum of spectrogram, de OD verder informeren over het aanwezige geluid. Het vooraf sturen van een vragenlijst aan de melder lijkt nuttig om te bepalen of er gemeten moet worden of niet. Mogelijk kan er meer gericht worden gemeten door vooraf de frequentie van de overlast gevende toon te bepalen. Meten tijdens een aan-/uit-test lijkt een laagdrempelige eerste stap in bronopsporing.

Het merendeel (81%) van de Omgevingsdiensten (OD's) detecteert in minder dan 25 procent van de gevallen LFG. Dat betekent dat er in de meeste situaties geen LFG wordt vastgesteld als er bij een melding wordt gemeten. Voor de gevallen waarin er wel LFG is vastgesteld, geldt dat het merendeel van de OD's (81%) in minder dan 25 procent van de gevallen een bron vindt.

4.3 Literatuuroverzicht

Het doel van deze review was om een inventarisatie te maken van literatuur over de effecten van LFG (inclusief infrageluid) op de gezondheid. Uitgangspunt van de huidige review is het literatuuroverzicht van Baliatsas en collega's (Baliatsas, 2015) voor de periode 2000-januari 2015. De zoekstrategie voor het huidige review is gebaseerd op de zoekstrategie van Baliatsas, met als toevoeging grond(gebonden) LFG-bronnen op luchthavens.

Er zijn weinig epidemiologische studies naar de effecten van LFG en infrageluid op de gezondheid. Van de 2.885 unieke records kwamen slechts zes studies in aanmerking voor inclusie in deze review. Bovendien lijken alle zes studies deel uit te maken van één overkoepelend onderzoeksproject waarin de gezondheidseffecten van windturbinegeluid werden onderzocht. Alle studies onderzochten dezelfde populatie. Het enige wezenlijke verschil tussen deze studies was het onderzochte gezondheidresultaat.

Er zijn geen studies gevonden die aan de inclusiecriteria voldeden en die specifiek betrekking hadden op LFG-bronnen op luchthavens.

De hier gepresenteerde review is een 'scoping review' en bevat als zodanig geen beoordeling van het risico op vertekening van de berekende effecten in de geïncludeerde studies.

De effectschattingen in deze review zijn daarom zoals gerapporteerd door de auteurs van die studies. Deze review geeft geen beoordeling van de geldigheid van die resultaten. Niettemin is het gebrek aan consistentie tussen de resultaten opmerkelijk, vooral in het licht van de relatieve homogeniteit tussen de studies wat betreft onderzoeksopzet, bepaling van blootstelling, de onderzochte populatie en de beoordeling van de uitkomst.

Uit de resultaten van dit literatuuroverzicht maken we op dat er onvoldoende bewijs is om te concluderen dat LFG een positief, negatief of geen effect heeft op de gezondheid. Van de 35 schattingen van een risico ratio was er slechts één statistisch significant op 5 procent-niveau. Bij een significantieniveau van 5 procent zal gemiddeld 1 op de 20 schattingen een statistisch significant effect zijn, terwijl er in werkelijkheid geen effect is. De ene significante schatting van de 35 kan dus heel goed aan toeval te wijten zijn. De andere 34 schattingen hadden allemaal een betrouwbaarheidsinterval dat 1 omvatte. Het betekent dat er onvoldoende bewijs is om te concluderen of LFG negatief of geen effect heeft op de onderzochte gezondheidsuitkomsten. Het is belangrijk om te benadrukken dat afwezigheid van bewijs niet betekent dat er bewijs is voor de afwezigheid van een effect. Uit deze review blijkt dat er op dit moment onvoldoende epidemiologische literatuur is om een vraag over het effect van LFG op een specifieke gezondheidsuitkomst met een systematische review of meta-analyse uit te voeren.

Tot slot enkele aanbevelingen:

- Voor het volgen van de ontwikkelingen van aard en aantal van de meldingen in de tijd en de omvang van de mate van hinder en slaapverstoring van LFG lijken bestaande mogelijkheden voldoende maar een meer eenduidige vorm van registreren van meldingen zou de monitoring verbeteren. Voor meldingen van LFG zijn dit registraties van bijvoorbeeld GGD'en, Stichting LFG of NSG, voor hinder en slaapverstoring de jaarlijkse rapportages over het Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW).
- OD's lijken baat te hebben bij een duidelijke methodiek. De beschikbare gegevens en de door OD's gebruikte methodieken zijn niet toereikend om een best practice-meetprotocol op te stellen. Er liggen wél bouwstenen voor: deel de succesvolle onderdelen (bijvoorbeeld: stappenplan, vragenlijst et cetera) binnen OD's en pas deze toe. Een meer uitgebreid proces, met actieve betrokkenheid van alle OD's, is nodig om tot een breed gedragen uniforme aanpak te komen. Dit vraagt om samenwerking onderling tussen OD's, maar ook met betrokken partijen in de regio in de behandeling van LFG-meldingen, zoals GGD'en en audiologische centra (zie ook RIVM- kennisnotitie KN-2024-0077).
- Naast het volgen in de tijd van meldingen bij meldpunten en het reviewen van onderzoeksresultaten naar effecten van LFG, verdient het daadwerkelijk meten van laagfrequent geluid rond LFG-bronnen meer aandacht in toekomstig LFG-onderzoek. Het RIVM raadt daarom aan om verkennende metingen uit te voeren op een aantal plekken in het land, waarbij zowel geluidmetingen als metingen naar gezondheidseffecten, zoals hinder en slaapverstoring, worden uitgevoerd.

Literatuur

Baliatsas, C., et al. (2016). "Health effects from low-frequency noise and infrasound in the general population: Is it time to listen? A systematic review of observational studies." *Science of The Total Environment* **557**: 163-169.

Dusseldorp et al. 2023, Meldingen van milieugerelateerde gezondheidsklachten (MGK) bij GGD'en. Periode 2021-2022. RIVM-briefrapport 2023-0290.
<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2023-0290.pdf>

ISO (2003,2021). "Acoustics—Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys." ISO/TS 15666.

Jaarrapportage 2019 van Stichting LaagFrequent Geluid.

Jaarrapportage 2020 van Stichting LaagFrequent Geluid.

Jaarrapportage 2021 van Stichting LaagFrequent Geluid.

Jaarrapportage 2022 van Stichting LaagFrequent Geluid
[2022 Jaarrapportage Stichting LFg.pdf \(laagfrequentgeluid.nl\)](https://www.laagfrequentgeluid.nl/2022-Jaarrapportage-Stichting-LFg.pdf)

Jaarrapportage 2023 van Stichting LaagFrequent Geluid
[Het Jaarrapport LFg 2023 | laag frequent geluid](https://www.laagfrequentgeluid.nl/Het-Jaarrapport-LFg-2023-laag-frequent-geluid)

Poulsen A.H., Raaschou-Nielsen O., Peña A., Hahmann A.N., Nordsborg R.B., Ketzel M., et al. Impact of Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise on Redemption of Sleep Medication and Antidepressants: A Nationwide Cohort Study. *Environ Health Perspect* [Internet]. 2019 Mar [cited 2024 May 6];127(3):037005. Available from: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/EHP3909>

Poulsen A.H., Raaschou-Nielsen O., Peña A., Hahmann A.N., Nordsborg R.B., Ketzel M., et al. Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise and Risk for Myocardial Infarction and Stroke: A Nationwide Cohort Study. *Environ Health Perspect* [Internet]. 2019 Mar 13 [cited 2023 Mar 18];2019(3):037004. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6768320/>

Poulsen A.H., Raaschou-Nielsen O., Peña A., Hahmann A.N., Nordsborg R.B., Ketzel M., et al. Long-term exposure to wind turbine noise and redemption of antihypertensive medication: A nationwide cohort study. *Environ Int* [Internet]. 2018 Dec [cited 2024 Dec 3];121:207–15. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160412018303726>

Poulsen A.H., Raaschou-Nielsen O., Peña A., Hahmann A.N., Nordsborg R.B., Ketzel M., et al. Long-term exposure to wind turbine noise at night and risk for diabetes: A nationwide cohort study. *Environ Res* [Internet]. 2018 Aug [cited 2024 Dec 3];165:40–5. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013935118301713>

Poulsen A.H., Raaschou-Nielsen O., Peña A., Hahmann A.N., Nordsborg R.B., Ketzel M., et al. Pregnancy exposure to wind turbine noise and adverse birth outcomes: a nationwide cohort study. *Environ Res* [Internet]. 2018 Nov [cited 2024 Dec 3];167:770–5. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013935118304985>

Poulsen A.H., Raaschou-Nielsen O., Peña A., Hahmann A.N., Nordsborg R.B., Ketzel M., et al. Short-term nighttime wind turbine noise and cardiovascular events: A nationwide case-crossover study from Denmark. *Environ Int* [Internet]. 2018 May 1 [cited 2024 Jul 5];114:160–6. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412017317889>

Vercammen, M.L.S. (1992): Laagfrequent geluid, Handboek voor Milieubeheer - Deel III: Lawaai-beheersing, Samson H.D. Tjeenk Willink, Alpen aan de Rijn, februari 1992.

Van Kamp I. et al. Meldingen over en hinder van Laagfrequent Geluid of het horen van een bromtoon in Nederland: Inventarisatie. RIVM-briefrapport 2018-0119. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2018-0119.pdf>

[Van Poll, R. et al. Beleving Woonomgeving in Nederland Inventarisatie Verstoringen 2016 \(rivm.nl\)](#). RIVM-rapport 2018-0084

Van Poll, R. en S. Simon (2023). Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW) Hinder en slaapverstoring in 2022. RIVM-rapport 2023-0328

Van Poll, R. en S. Simon (2024). Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW) Hinder en slaapverstoring in 2023. RIVM-rapport 2024-0129

White K. et al. Onderzoeksprogramma Laagfrequent geluid (LFG): Stand van zaken en aanbevelingen voor vervolgonderzoek. RIVM-rapport 2021-0187. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2021-0187.pdf>

Bijlage 1 Aard en Omvang meldingen

Tabel B.1 Voórkomen hinder van LFG per hindercategorie in de afgelopen jaren, gemiddelden en 95%-betrouwbaarheidsinterval.

Bron: LFG	2016 (%)	2016, 95% BI		2019 (%)	2019, 95% BI		2020 (%)	2020, 95% BI		2021 (%)	2021, 95% BI		2022 (%)	2022, 95% BI		2023 (%)	2023, 95% BI	
Ernstige hinder	2,2	1,9	2,6	3,2	2,5	3,9	3,1	2,4	3,8	2,5	1,8	3,2	2,9	2,2	3,6	3,2	2,8	3,6
(Minstens) hinder	4,5	4,0	5,0	5,8	4,8	6,8	6,3	5,3	7,3	5,4	4,4	6,4	5,6	4,7	6,6	7,0	6,4	7,5
(Minstens) enigszins hinder	8,1	7,4	8,8	10,3	9,1	11,6	10,6	9,3	11,8	9,3	8,0	10,6	10,2	9,0	11,5	11,8	11,1	12,5

Tabel B.2 Voórkomen slaapverstoring van LFG per slaapverstoringscategorie in de afgelopen jaren gemiddelden en 95%-betrouwbaarheidsinterval.

Bron: LFG	2016 (%)	2016, 95% BI		2019 (%)	2019, 95% BI		2020 (%)	2020, 95% BI		2021 (%)	2021, 95% BI		2022 (%)	2022, 95% BI		2023 (%)	2023, 95% BI	
Ernstige slaapverstoring	1,9	1,6	2,2	2,6	2,0	3,3	2,2	1,6	2,8	1,9	1,3	2,5	2,2	1,6	2,8	2,5	2,1	2,8
(Minstens) slaapverstoring	3,4	2,9	3,8	4,5	3,6	5,3	4,8	3,9	5,7	4,0	3,1	4,8	4,3	3,4	5,1	4,8	4,4	5,3
(Minstens) enigszins slaapverstoring	5,5	4,9	6,0	7,0	5,9	8,0	7,7	6,6	8,8	6,1	5,0	7,1	7,8	6,7	8,9	8,5	7,9	9,1

Tabel B.3 Mogelijke bronnen genoemd bij de meldingen (N=6.735) bij de Stichting Laagfrequent geluid (2011–2023).

	Aantal (N)	Percentage (%)
Airconditioning en mechanische ventilatie	232	3,4
Industrie en zware machines	285	4,2
Huishoudelijke apparaten (bijvoorbeeld: koelkast/vriezer, wasmachine en drogers)	30	0,6
Pompen (bijvoorbeeld: warmtepomp, waterpomp en rioolpomp)	253	3,8
Elektrische installaties (bijvoorbeeld: elektriciteitsstation/transferhuis, overige elektrische installaties, generator en meterkast)	166	2,2,5
Verkeer	127	1,9
Verwarming (bijvoorbeeld: CV, stadsverwarming en vloerverwarming)	88	1,3
Gas extractie en transport	60	0,9
Andere veronderstelde bronnen (bijvoorbeeld: windpark, audio- video/muziek dichtbij, natuurlijke bronnen/weer, draadloze diensten, bouw, straling/elektromagnetische velden)	428	6,4
Buren	128	1,9

Tabel B.4 Meldingen, registratie en afhandeling provincies.

		Aantal (N)	Percentage (%)
Meldingen door burgers	Ja	8	80,0
	Nee	2	20,0
Registratie	Ja	4	50,0
	Nee	4	50,0
Gegevens opvraagbaar	Ja	3	75,0
	Nee	1	25,0
	Ja	0	0,0
Afhandeling	Soms	2	20,0
	Nee	8	80,0
Afhandeling duur	1 à 2 weken	2	100,0
	2 à 4 weken	0	0,0
	4 weken tot 2 maanden	0	0,0
	2 tot 4 maanden	0	0,0
	4 tot 6 maanden	0	0,0
	> 6 maanden	0	0,0
	Weet ik niet/kan ik niet zeggen	0	0,0

Tabel B.5 Aantal meldingen per categorie in de periode van 2019 t/m 2023.

Jaar à	2019		2020		2021		2022		2023	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
0	2	66,7	1	33,3	1	33,3	1	33,3	2	66,7
1-5	0	0,0	1	33,3	1	33,3	1	33,3	0	0,0
6-20	1	33,3	1	33,3	1	33,3	1	33,3	1	33,3
21-50	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
51-100	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
100-150	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
>150	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0

N = aantal per categorie

% = percentage

Tabel B.6 Metingen en doorverwijzing.

		Aantal (N)	Percentage (%)
Metingen	Ja	0	0,0
	Nee	10	100,0
Doorverwijzing naar (meerkeuze)	GGD	1	8,3
	Gemeenten	1	8,3
	Omgevingsdiensten	10	83,4
	Adviesbureau(s)	0	0,0
	Anders, namelijk ...	0	0,0

Tabel B.7 Gemelde gezondheidseffecten bij GGD'en door LFG (2016 tot en met augustus 2024).

	Aantal (N)	Percentage (%)
Geen effect in gevuld	87	6,2
Algemeen	22	1,6
Bezorgd	35	2,5
Bloed(vormende) organen	1	0,1
Hart	5	0,4
Hinder	1.071	76,6
Maag en darm	2	0,1
Onrust	11	0,8
Oren	46	3,3
Psychisch	65	4,6
Slaapverstoring	23	1,6
Sociale problemen	2	0,1
Stress	15	1,1
Zenuwstelsel	14	1,0
Totaal meldingen	1.399	100,0

Tabel B.8 Geregistreerde bronnen die gemeld zijn bij de GGD'en, die mogelijk LFG produceren in het binnenmilieu (2016 tot en met augustus 2024).

	Aantal (N)	Percentage (%)
Airco	1	1,0
Buren/Bewonersgedrag	49	49,0
Electrische apparaten	12	12,0
Gasleidingen	2	2,0
Inrichting	1	1,0
Installatie in appartementencomplex	1	1,0
Leidingen in huis	3	3,0
Riolering	1	1,0
Sloopwerkzaamheden in huis	1	1,0
Ventilatiesysteem	18	18,0
Verbrandingsapparaten	6	6,0
Warmtepomp	5	5,0
Totaal gemelde bronnen	100	100,0

Tabel B.9 Geregistreerde bronnen die gemeld zijn bij de GGD'en, die mogelijk LFG produceren in het buitenmilieu (2016 tot en met augustus 2024).

	Aantal (N)	Percentage (%)
Aggregaat	4	2,9
Baggerstort	1	0,7
Bedrijf/Industriegebied	43	31,2
Benzinepomp	1	0,7
Bouw	8	5,8
Buren	9	6,5
Energiebedrijf(gas)/Energiesector	8	5,8
Evenement	1	0,7
Farmaceutisch	1	0,7
Horeca	5	3,6
Landbouw	1	0,7
Omvormer zonnepanelen	3	2,2
Particulier	1	0,7
Railverkeer/Spoor	2	1,4
Renovatie werkzaamheden	1	0,7
Scheepswerf	1	0,7
Transformatorhuisje	11	8,0
Veeteelt	1	0,7
Ventilatoren	3	2,2
Wegverkeer/Snelweg	5	3,6
Vijverpomp	2	1,4
Warmtepomp	6	4,3
Windturbine	10	7,2
Zandwinningsinstallatie	1	0,7
Zendmasten	5	3,6
Zwembadpomp	3	2,2
Totaal gemelde bronnen	138	100,0

Bijlage 2 Vragenlijst voor provincies en omgevingsdiensten

Vragenlijst voor provincies

1. Kunnen burgers bij de provincie een melding doen van het horen van laagfrequent geluid (LFG)/bromtoon?

- ☐ Ja
☐ Nee

2. Zo ja bij 1, worden deze meldingen geregistreerd?

- ☐ Ja, ga door naar **2a**
☐ Nee, ga door naar **5**

a) Op welke wijze worden deze meldingen geregistreerd?

b) Sinds welk jaar worden deze meldingen geregistreerd?

c) Zijn deze gegevens eventueel opvraagbaar?

- ☐ Ja
☐ Nee

3. hoeveel meldingen over LFG/bromtoon heeft de provincie in de laatste vijf jaren (2019-2023) ongeveer gekregen?

(graag een schatting indien het niet direct te herleiden is uit een eventuele registratie)

Jaar à Aantal	2019	2020	2021	2022	2023
0	☐	☐	☐	☐	☐
1-5	☐	☐	☐	☐	☐
6-20	☐	☐	☐	☐	☐
21-50	☐	☐	☐	☐	☐
51-100	☐	☐	☐	☐	☐
100-150	☐	☐	☐	☐	☐
150>	☐	☐	☐	☐	☐

4. Handelt de provincie zelf de meldingen af?

- ☐ Ja, ga door naar **4a**
☐ Soms, ga door naar **4a**
☐ Nee, ga door naar **5**

a) Hoelang duren de meldingen bij jullie? (Meerdere antwoorden mogelijk)

- ☐ 1 à 2 weken
☐ 2 à 4 weken
☐ 4 weken tot 2 maanden

- ☐ 2 t/m 4 maanden
- ☐ 4 t/m 6 maanden
- ☐ > 6 maanden
- ☐ Weet ik niet/kan ik niet zeggen

b) Doet de provincie zelf metingen naar LFG/bromtoon?

- ☐ Ja
- ☐ Nee

(1) Bij hoeveel procent van deze meldingen **verricht de provincie een meting?** (schatting indien het niet direct te herleiden is uit een registratie)?

- ☐ 0%
- ☐ 1-10%
- ☐ 11-25%
- ☐ 26-50%
- ☐ 51-75%
- ☐ 76-99%
- ☐ 100%
- ☐ weet ik niet/kan ik niet zeggen

(2) In hoeveel % van de keren dat wordt gemeten, wordt de **aanwezigheid van LFG/bromtonen vastgesteld?** (eventueel naar schatting)

- ☐ 0%
- ☐ 1-10%
- ☐ 11-25%
- ☐ 26-50%
- ☐ 51-75%
- ☐ 76-99%
- ☐ 100%
- ☐ weet ik niet/kan ik niet zeggen

(3) In geval van meetbaar LFG/bromtoon, is bekend welke bronnen deze meldingen over LFG/bromtoon veroorzaken? (Meerdere antwoorden mogelijk)

- ☐ Airconditioning en mechanische ventilatie
- ☐ Machines (bijvoorbeeld: industrie, zware machines)
- ☐ Huishoudelijke apparaten (bijvoorbeeld: koelkast/vriezer, wasmachine en drogers)
- ☐ Pompen en watertransport (bijvoorbeeld: pomp, waterpomp en rioolpomp)
- ☐ Elektrische installaties (bijvoorbeeld: elektriciteitsstation/transferhuis, overige elektrische installaties, generator en meterkast)
- ☐ Verkeer
- ☐ Verwarming (CV, stadsverwarming, vloerverwarming)
- ☐ Gas extractie en transport
- ☐ Andere veronderstelde bronnen (windpark, audio-video/muziek dichtbij, natuurlijke bronnen/weer, draadloze diensten, bouw, straling/elektromagnetische velden);
- ☐ Nee

5. Naar welke organisatie wordt de melding doorverwezen?
(meerkeuze)

- ☐ GGD
☐ Gemeenten
☐ Omgevingsdiensten
☐ Adviesbureau(s)
☐ Anders, namelijk

6. Hebben jullie een expert in LFG bij deze provincie? En zo ja, welke functie heeft deze expert (titel functie)?

7. Mogen wij u eventueel benaderen om nadere informatie?

- ☐ Ja
☐ Nee

8. Wilt u een bericht ontvangen als de resultaten van deze enquête worden gepubliceerd?

- ☐ Ja
☐ Nee

9. Zo ja bij 7 of 8, wat zijn uw contactgegevens?

10. Wilt u verder nog iets kwijt over dit onderwerp?

Vragenlijst voor omgevingsdiensten

1. Kan bij de OD een melding worden ingediend van het horen van laagfrequent geluid (LFG)/bromtonen?

- ☐ Ja, ga door naar **2**
☐ Nee, ga door naar **4**

2. Vragen over Meldingen:

a) Vanuit welke instanties/personen worden meldingen ontvangen? (meerkeuze)

- ☐ Burgers
☐ GGD
☐ Gemeenten
☐ Provincies
☐ Anders, namelijk

b) Hoeveel meldingen over laagfrequent geluid/bromtonen heeft de OD in de laatste vijf jaren (2019 t/m 2023) per jaar ongeveer gekregen? (graag een schatting indien het niet direct te herleiden is uit een eventuele registratie)

Jaar	2019	2020	2021	2022	2023
Aantal					

c) Handelt de OD zelf de meldingen af?

- ☐ Ja, ga door naar (1)
- ☐ Soms, ga door naar (1)
- ☐ Nee, ga door naar **4**

(1) Bij hoeveel procent van deze meldingen **verricht de OD een meting?** (schatting indien het niet direct te herleiden is uit een registratie)?

- ☐ 0%, ga door naar **4**
- ☐ 1-10%
- ☐ 11-25%
- ☐ 26-50%
- ☐ 51-75%
- ☐ 76-99%
- ☐ 100%
- ☐ Weet ik niet/kan ik niet zeggen

(2) Op grond van **welke criteria** besluit de OD om een meting uit te voeren? (open vraag)

In hoeveel % van de keren dat wordt gemeten, wordt de **aanwezigheid van LFG/bromtonen vastgesteld?** (eventueel naar schatting)

- ☐ 0%, ga door naar vraag **3**
- ☐ 1-10%
- ☐ 11-25%
- ☐ 26-50%
- ☐ 51-75%
- ☐ 76-99%
- ☐ 100%
- ☐ weet ik niet/kan ik niet zeggen, maar meer dan 0%

(3) In hoeveel % van de keren dat LFG is vastgesteld, wordt **een bron gevonden?** (eventueel naar schatting)

- ☐ 0%
- ☐ 1-25%
- ☐ 26-50%
- ☐ 51-75%
- ☐ > 76 %
- ☐ weet ik niet/kan ik niet zeggen

(4) **Welke bronnen** worden gevonden? (Open vraag)

(5) Van de gevallen waarin de bron bekend is, **hoe vaak is de bron buitenshuis** (industriële installaties, festivals, transport, enzovoort)?

- ☐ <25%
- ☐ 25-50%
- ☐ 51-75%
- ☐ > 75 %
- ☐ weet ik niet/kan ik niet zeggen

(6) Van de gevallen waarin de bron bekend is, **hoe vaak is de bron binnenshuis of gebonden aan het gebouw** (wasmachines, warmtepompen, ventilatiesystemen, enzovoort)?

- ☐ <25%
- ☐ 25–50%
- ☐ 51–75%
- ☐ > 75 %
- ☐ weet ik niet/kan ik niet zeggen

3. Vragen over meetmethodes

a) Is de OD tevreden met de huidige manier van meten van LFG

- ☐ Ja
- ☐ Neutraal
- ☐ Nee

(1) Waarom is de OD niet tevreden? (open vraag)

b) Wordt bij meldingen een of meer standaard meetmethode(s) of protocol(len) gebruikt?

- ☐ Ja
- ☐ Nee, ga door naar **4**

c) Is het mogelijk om door de OD gebruikte meetprotocol(len) te ontvangen?

- ☐ Ja
- ☐ Nee

(1) Zo nee, Hoe wordt er omgegaan met het meten van LFG/bromtonen? Voor zover het mogelijk is graag een uitgebreide beschrijving.

Wilt u verder nog iets kwijt over dit onderwerp?

Bijlage 3 Zoekstrategie literatuuroverzicht

Er zijn twee zoekstrategieën opgesteld: een voor effecten van LFG algemeen en een voor effecten van LFG van grond(gebonden) geluid van luchthavens. Met beide zoekstrategieën zijn vier databases voor wetenschappelijke literatuur doorzocht: PubMed, Embase.com, PsychINFO, en Scopus.

Zoekstrategie voor LFG algemeen

PubMed query	
No	Query
16	#15 AND ("2015"[dp]:"2023"[dp])
15	#13 NOT #14
14	"Animals"[MeSH] NOT "Humans"[MeSH]
13	#4 AND #12
12	#5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10 OR #11
11	"Risk Assessment"[MeSH] OR "Risk Factors"[MeSH] OR "risk assess*"[tiab] OR "risk factor*"[tiab] OR "hazard assess*"[tiab] OR "hazard factor*"[tiab]
10	"Sleep"[MeSH] OR "sleep*"[tiab] OR "insomn*"[tiab] OR "tired"[tiab]
9	"disturb*"[tiab] OR "discomfort*"[tiab] OR "annoy*"[tiab] OR "irritat*"[tiab] OR "complain*"[tiab] OR "nuisan*"[tiab] OR "stress"[tiab] OR "distress*"[tiab] OR "avers*"[tiab] OR "worry"[tiab] OR "worries"[tiab] OR "worrying"[tiab]
8	"impairm*"[tiab] OR "impaired"[tiab] OR "cardiovasc*"[tiab] OR "neurologic*"[tiab] OR "vibroacoust*"[tiab] OR "vibro-acoust*"[tiab] OR "patholog*"[tiab] OR "mental*"[tiab] OR "cognitiv*"[tiab] OR "cancer*"[tiab]
7	"Quality of Life"[MeSH] OR "quality of life*"[tiab] OR "wellbeing*"[tiab] OR "well-being*"[tiab]
6	"Disease"[MeSH] OR "diseas*"[tiab] OR "illness*"[tiab] OR "ill"[tiab] OR "disorder*"[tiab] OR "syndrom*"[tiab] OR "symptom*"[tiab]
5	"Health"[MeSH] OR "Health Impact Assessment"[MeSH] OR "Environmental Health"[MeSH] OR "Public Health"[MeSH] OR "health*"[tiab]
4	#1 OR #2 OR #3
3	"low-frequen*"[tiab] AND ("sound*"[tiab] OR "nois*"[tiab] OR "sonic*"[tiab])
2	"low-frequen*"[tiab] AND "Sound"[MeSH]
1	"infrasound*"[tiab] OR "infra-nois*"[tiab] OR "infrasonic*"[tiab] OR "infra-sonic*"[tiab]

Embase.com query	
No.	Query
#15	#12 NOT #13 AND [2015-2023]/py
#14	#12 NOT #13
#13	[animals]/lim NOT [humans]/lim

Embase.com query	
No.	Query
#12	#4 AND #11
#11	#5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10
#10	'risk assessment'/exp OR 'risk factor'/exp OR 'cardiovascular risk'/exp OR 'risk assess*':ti,ab,kw OR 'risk factor*':ti,ab,kw OR 'hazard assess*':ti,ab,kw OR 'hazard factor*':ti,ab,kw
#9	'sleep'/exp OR 'sleep*':ti,ab,kw OR 'insomn*':ti,ab,kw OR 'tired':ti,ab,kw
#8	'impairm*':ti,ab,kw OR 'impaired':ti,ab,kw OR 'cardiovasc*':ti,ab,kw OR 'neurologic*':ti,ab,kw OR 'vibroacoust*':ti,ab,kw OR 'vibro-acoust*':ti,ab,kw OR 'patholog*':ti,ab,kw OR 'mental*':ti,ab,kw OR 'cognitiv*':ti,ab,kw OR 'cancer*':ti,ab,kw
#7	'quality of life'/exp OR 'quality of life*':ti,ab,kw OR 'wellbeing'/de OR 'wellbeing*':ti,ab,kw OR 'well-being*':ti,ab,kw
#6	'physical disease'/exp OR 'mental disease'/exp OR 'diseas*':ti,ab,kw OR 'illness*':ti,ab,kw OR 'ill':ti,ab,kw OR 'disorder*':ti,ab,kw OR 'syndrom*':ti,ab,kw OR 'symptom*':ti,ab,kw
#5	'health'/exp OR 'health impact assessment'/exp OR 'environmental health'/exp OR 'public health'/exp OR 'health*':ti,ab,kw
#4	#1 OR #2 OR #3
#3	'low frequency noise'/exp
#2	('low-frequen*' NEAR/5 ('sound*' OR 'nois*' OR 'sonic*')):ti,ab,kw
#1	'infrasound'/exp OR 'infrasound*':ti,ab,kw OR 'infra-nois*':ti,ab,kw OR 'infrasonic*':ti,ab,kw OR 'infra-sonic*':ti,ab,kw

PsycINFO query	
No.	Query
1	('infrasound*' OR 'infra-nois*' OR 'infrasonic*' OR 'infra-sonic*').ti,ab,id.
2	('low-frequen*' adj5 ('sound*' OR 'nois*' OR 'sonic*')).ti,ab,id.
3	1 or 2
4	Exp 'Health'/ OR 'health*'.ti,ab,id.
5	Exp 'Disorders'/ OR ('diseas*' OR 'illness*' OR 'ill' OR 'disorder*' OR 'syndrom*' OR 'symptom*').ti,ab,id.
6	('quality of life*' OR 'wellbeing*' OR 'well-being*').ti,ab,id.
7	('impairm*' OR 'impaired' OR 'cardiovasc*' OR 'neurologic*' OR 'vibroacoust*' OR 'vibro-acoust*' OR 'patholog*' OR 'mental*' OR 'cognitiv*' OR 'cancer*').ti,ab,id.
8	('disturb*' OR 'discomfort*' OR 'annoy*' OR 'irritat*' OR 'complain*' OR 'nuisan*' OR 'stress').ti,ab,id.
9	Exp 'Sleep'/ OR ('sleep*' OR 'insomn*' OR 'tired').ti,ab,id.
10	Exp 'Risk Assessment'/ OR Exp 'Risk Factors'/ OR ('risk assess*' OR 'risk factor*' OR 'hazard assess*' OR 'hazard factor*').ti,ab,id.
11	4 OR 5 OR 6 OR 7 OR 8 OR 9 OR 10
12	3 AND 11
13	Exp 'Animal'/ NOT 'human*'.ti,ab,id.
14	12 NOT 13
15	Limit 14 to yr="2015-2023"

Scopus query	
	(TITLE-ABS-KEY("infrasound*" OR "infra-nois*" OR "infrasonic*" OR "infra-sonic*" OR ("low-frequen*" W/5 ("sound*" OR "nois*" OR "sonic*"))))
	AND
	(TITLE-ABS-KEY("health*" OR "diseas*" OR "illness*" OR "ill" OR "disorder*" OR "syndrom*" OR "symptom*" OR "quality of life*" OR "well-being*" OR "wellbeing*" OR "impairm*" OR "impaired" OR "cardiovasc*" OR "neurologic*" OR "vibroacoust*" OR "vibro-acoust*" OR "patholog*" OR "mental*" OR "cognitiv*" OR "cancer*" OR "disturb*" OR "discomfort*" OR "annoy*" OR "irritat*" OR "complain*" OR "nuisan*" OR "stress" OR "distress*" OR "avers*" OR "worry" OR "worries" OR "worrying" OR "sleep*" OR "insomn*" OR "tired" OR "risk assess*" OR "risk factor*" OR "hazard assess*" OR "hazard factor*"))
	AND
	NOT (INDEXTERMS(animal or animals) AND NOT INDEXTERMS(human or humans)))
	AND
	PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2024

Zoekstrategie voor grond(gebonden) LFG luchthaven

PubMed query	
No	Query
23	#16 AND #19
19	#17 OR #18
18	"Airports"[MeSH] OR "airport*" [tiab] OR "airbase*" [tiab] OR "airfield*" [tiab] OR "runway*" [tiab] OR "airstrip*" [tiab] OR "landing-strip*" [tiab] OR "hangar*" [tiab] OR "airdrom*" [tiab] OR "aerodrom*" [tiab] OR "heliport*" [tiab] OR "helipad*" [tiab]
17	"Aircraft"[MeSH] OR "aircraft*" [tiab] OR "airplane*" [tiab] OR "aeroplane*" [tiab] OR "helicopter*" [tiab] OR "takeoff" [tiab] OR "taking off" [tiab] OR "landing" [tiab]
16	#15 AND ("2015"[dp]:"2023"[dp])
15	#13 NOT #14
14	"Animals"[MeSH] NOT "Humans"[MeSH]
13	#4 AND #12
12	#5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10 OR #11
11	"Risk Assessment"[MeSH] OR "Risk Factors"[MeSH] OR "risk assess*" [tiab] OR "risk factor*" [tiab] OR "hazard assess*" [tiab] OR "hazard factor*" [tiab]
10	"Sleep"[MeSH] OR "sleep*" [tiab] OR "insomn*" [tiab] OR "tired" [tiab]
9	"disturb*" [tiab] OR "discomfort*" [tiab] OR "annoy*" [tiab] OR "irritat*" [tiab] OR "complain*" [tiab] OR "nuisan*" [tiab] OR "stress" [tiab]

PubMed query	
No	Query
	OR "distress*"[tiab] OR "avers*"[tiab] OR "worry"[tiab] OR "worries"[tiab] OR "worrying"[tiab]
8	"impairm*"[tiab] OR "impaired"[tiab] OR "cardiovasc*"[tiab] OR "neurologic*"[tiab] OR "vibroacoust*"[tiab] OR "vibro-acoust*"[tiab] OR "patholog*"[tiab] OR "mental*"[tiab] OR "cognitiv*"[tiab] OR "cancer*"[tiab]
7	"Quality of Life"[MeSH] OR "quality of life*"[tiab] OR "wellbeing*"[tiab] OR "well-being*"[tiab]
6	"Disease"[MeSH] OR "diseas*"[tiab] OR "illness*"[tiab] OR "ill"[tiab] OR "disorder*"[tiab] OR "syndrom*"[tiab] OR "symptom*"[tiab]
5	"Health"[MeSH] OR "Health Impact Assessment"[MeSH] OR "Environmental Health"[MeSH] OR "Public Health"[MeSH] OR "health*"[tiab]
4	#1 OR #2 OR #3
3	"low-frequen*"[tiab] AND ("sound*"[tiab] OR "nois*"[tiab] OR "sonic*"[tiab])
2	"low-frequen*"[tiab] AND "Sound"[MeSH]
1	"infrasound*"[tiab] OR "infra-nois*"[tiab] OR "infrasonic*"[tiab] OR "infra-sonic*"[tiab]

Embase.com query	
No.	Query
#19	#15 AND #18
#18	#16 OR #17
#17	'airport'/exp OR 'airport*':ti,ab,kw OR 'airbase*':ti,ab,kw OR 'airfield*':ti,ab,kw OR 'runway*':ti,ab,kw OR 'airstrip*':ti,ab,kw OR 'landing-strip*':ti,ab,kw OR 'hangar*':ti,ab,kw OR 'airdrom*':ti,ab,kw OR 'aerodrom*':ti,ab,kw OR 'heliport*':ti,ab,kw OR 'helipad*':ti,ab,kw
#16	'aviation'/exp OR 'aircraft*':ti,ab,kw OR 'airplane*':ti,ab,kw OR 'aeroplane*':ti,ab,kw OR 'helicopter*':ti,ab,kw OR 'takeoff':ti,ab,kw OR 'taking off':ti,ab,kw OR 'landing':ti,ab,kw
#15	#12 NOT #13 AND [2015-2023]/py
#14	#12 NOT #13
#13	[animals]/lim NOT [humans]/lim
#12	#4 AND #11
#11	#5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10

Embase.com query	
No.	Query
#10	'risk assessment'/exp OR 'risk factor'/exp OR 'cardiovascular risk'/exp OR 'risk assess*':ti,ab,kw OR 'risk factor*':ti,ab,kw OR 'hazard assess*':ti,ab,kw OR 'hazard factor*':ti,ab,kw
#9	'sleep'/exp OR 'sleep*':ti,ab,kw OR 'insomn*':ti,ab,kw OR 'tired':ti,ab,kw
#8	'impairm*':ti,ab,kw OR 'impaired':ti,ab,kw OR 'cardiovasc*':ti,ab,kw OR 'neurologic*':ti,ab,kw OR 'vibroacoust*':ti,ab,kw OR 'vibro-acoust*':ti,ab,kw OR 'patholog*':ti,ab,kw OR 'mental*':ti,ab,kw OR 'cognitiv*':ti,ab,kw OR 'cancer*':ti,ab,kw
#7	'quality of life'/exp OR 'quality of life*':ti,ab,kw OR 'wellbeing'/de OR 'wellbeing*':ti,ab,kw OR 'well-being*':ti,ab,kw
#6	'physical disease'/exp OR 'mental disease'/exp OR 'diseas*':ti,ab,kw OR 'illness*':ti,ab,kw OR 'ill':ti,ab,kw OR 'disorder*':ti,ab,kw OR 'syndrom*':ti,ab,kw OR 'symptom*':ti,ab,kw
#5	'health'/exp OR 'health impact assessment'/exp OR 'environmental health'/exp OR 'public health'/exp OR 'health*':ti,ab,kw
#4	#1 OR #2 OR #3
#3	'low frequency noise'/exp
#2	('low-frequen*' NEAR/5 ('sound*' OR 'nois*' OR 'sonic*')):ti,ab,kw
#1	'infrasound'/exp OR 'infrasound*':ti,ab,kw OR 'infra-nois*':ti,ab,kw OR 'infrasonic*':ti,ab,kw OR 'infra-sonic*':ti,ab,kw

PsycINFO query	
No.	Query
1	('infrasound*' OR 'infra-nois*' OR 'infrasonic*' OR 'infra-sonic*').ti,ab,id.
2	('low-frequen*' adj5 ('sound*' OR 'nois*' OR 'sonic*')).ti,ab,id.
3	1 or 2
4	Exp 'Health'/ OR 'health*'.ti,ab,id.
5	Exp 'Disorders'/ OR ('diseas*' OR 'illness*' OR 'ill' OR 'disorder*' OR 'syndrom*' OR 'symptom*').ti,ab,id.
6	('quality of life*' OR 'wellbeing*' OR 'well-being*').ti,ab,id.
7	('impairm*' OR 'impaired' OR 'cardiovasc*' OR 'neurologic*' OR 'vibroacoust*' OR 'vibro-acoust*' OR 'patholog*' OR 'mental*' OR 'cognitiv*' OR 'cancer*').ti,ab,id.
8	('disturb*' OR 'discomfort*' OR 'annoy*' OR 'irritat*' OR 'complain*' OR 'nuisan*' OR 'stress').ti,ab,id.
9	Exp 'Sleep'/ OR ('sleep*' OR 'insomn*' OR 'tired').ti,ab,id.

PsycINFO query	
No.	Query
10	Exp 'Risk Assessment'/ OR Exp 'Risk Factors'/ OR ('risk assess*' OR 'risk factor*' OR 'hazard assess*' OR 'hazard factor*') .ti,ab,id.
11	4 OR 5 OR 6 OR 7 OR 8 OR 9 OR 10
12	3 AND 11
13	Exp 'Animals'/ NOT 'human*'.ti,ab,id.
14	12 NOT 13
15	Limit 14 to yr="2015-2023"
16	Exp 'Air Craft'/ OR ('aircraft*' OR 'airplane*' OR 'aeroplane*' OR 'helicopter*' OR 'takeoff' OR 'taking off' OR 'landing').ti,ab,id.
17	('airport*' OR 'airbase*' OR 'airfield*' OR 'runway*' OR 'airstrip*' OR 'landing-strip*' OR 'hangar*' OR 'airdrom*' OR 'aerodrom*' OR 'heliport*' OR 'helipad*').ti,ab,id.
18	16 OR 17
19	15 AND 18

Scopus query	
	(TITLE-ABS-KEY("infrasound*" OR "infra-nois*" OR "infrasonic*" OR "infra-sonic*" OR ("low-frequen*" W/5 ("sound*" OR "nois*" OR "sonic*"))))
	AND
	(TITLE-ABS-KEY("health*" or "diseas*" or "illness*" or "ill" or "disorder*" or "syndrom*" or "symptom*" or "quality of life*" or "well-being*" or "wellbeing*" or "impairm*" or "impaired" or "cardiovasc*" or "neurologic*" or "vibroacoust*" or "vibro-acoust*" or "patholog*" or "mental*" or "cognitiv*" or "cancer*" or "disturb*" or "discomfort*" or "annoy*" or "irritat*" or "complain*" or "nuisan*" or "stress" or "distress*" or "avers*" or "worry" or "worries" or "worrying" or "sleep*" or "insomn*" or "tired" or "risk assess*" or "risk factor*" or "hazard assess*" or "hazard factor*"))
	AND
	(TITLE-ABS-KEY("aircraft*" or "airplane*" or "aeroplane*" or "helicopter*" or "takeoff" or "taking off" or "landing" or "airport*" or "airbase*" or "airfield*" or "runway*" or "airstrip*" or "landing-strip*" or "hangar*" or "airdrom*" or "aerodrom*" or "heliport*" or "helipad*"))
	AND NOT
	(INDEXTERMS(animal or animals) AND NOT INDEXTERMS(human or humans)))

Scopus query	
	AND
	PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2024

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

september 2025

De zorg voor morgen
begint vandaag